ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS

NOVA SERIES

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AFDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNEN

III

1907

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XVIII)

LUND 1907—08

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

DISTRIBUERAS GENOM C. W. K. GLEERUPS FÖRLAG I LUND

Fysiografiska Sällskapets Handlingar.

Bd. 1—17.

Bd. 1. Antiseptikens utveckling och nutida tillämpning, af *J. Borelius*. Om operationer på gallblåsan och gallvägarne särskildt vid cholelithiasis, af *J. Åkerman*. Till Algernas systematik, Afd. 6, af *J. G. Agardh*. Undersökning öfver Siljansområdets graptoliter, I, af *S. L. Törnqvist*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden, 1889—90. Lunds Universitets årsberättelse 1889—90, af Universitetets Rektor. — Bd. 2. Kliniska studier öfver bukorganens lägeförändringar, af *C. H. Hildebrand*. Om bestämning af drufsocker genom förjäsning och uppmätning af kolsyrans volum, af *S. G. Hedin*. Bidrag till kännedomen om platinasulfinbasernas konstitution, af *H. Löndahl*. Beiträge zur Kenntnis des Dickenzuwachses der Rhodophyseen, von *B. Jönsson*. Beiträge zur Flora von Südbosnien und Herzegowina, von *S. Murbeck*. Tvenne asplenier, deras affiniteter och genesis, af *S. Murbeck*. Bidrag till kännedomen om primära barken hos vedartade dikotyler, dess anatomi och dess funktioner, af *H. Tedin*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1890—91. Borgerlig tid och verldstid, inbjudningsskrift af Universitetets Rektor. — Bd. 3. Un nouveau galvanomètre, par *G. Granqvist*. Sur la théorie des oscillations électriques, par *A. Rosén*. Om toluolsulfonglycin, af *G. Wallin*. Beiträge zu Fauna Grönlands, von *D. Bergendal*. Ehrenbergs Euchlanis Lynceus wiedergefunden? von *D. Bergendal*. Analecta algologica, scr. *J. G. Agardh*. Studier öfver örtartade slingrande stammars jämförande anatomi, af *G. Andersson*. Bidrag till kännedomen om lycopodinébladens anatomi, af *J. Eriksson*. Ueber die Wirkungsphäre der Glycose- und Gerbstoffreaktionen, von *B. Lidforss*. Undersökningar öfver Siljansområdets graptoliter, II, af *S. L. Törnqvist*. Studier öfver bryozoerna i Sveriges kritsystem, I, af *A. Hennig*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1891—92. — Bd. 4. Öfver ett speciellt slag af hvirfvelrörelse i vätskor, af *A. Wiman*. Zur Frage über die Constitution der aromatischen Diazoverbindungen, von *C. W. Blomstrand*. Inverkan af alkoholiskt natriumetylat på ättikester och benzaldehyd, af *Hj. Löndahl*. Om trypsindigestionen, af *S. G. Hedin*. Bidrag till kännedomen om hornsubstansens klyfningsprodukter, af *S. G. Hedin*. Polypostia similis n. g. n. sp., en acotyl polyklad med många hanliga parningsapparater, af *D. Bergendal*. Einige Bemerkungen über Cryptocelides Lovéni mihi, af *D. Bergendal*. Some remarks on the Bottlenose-Wahle (Hyperoodon), by *A. Ohlin*. Analecta algologica, continuatio I, auct. *J. G. Agardh*. Iakttagelser öfver ljusets betydelse för fröns groning, af *B. Jönsson*. Studier öfver elaiosferer i örtbladens mesofyll och epidermis, af *B. Lidforss*. Observations on the structure of some *Diprionidæ*, by *S. L. Törnqvist*. Inbjudningsskrift till filosofie doktorspromotionen d. 27 maj 1893, af Promotor. Inbjudningsskrift till medicine doktorspromotionen d. 27 maj 1893, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1892—93. — Bd. 5. Studier öfver förändringarne i ammonshornen och närliggande delar vid epilepsi, af *Th. Nerander*. Zur Theorie der Transformation elliptischer Functionen, von *T. Brodén*. Undersökningar öfver den elektriska ljusbågen, af *G. Granqvist*. Versuche über den temporären Magnetismus des Eisens und des Nickels bei hohen Temperaturen, von *N. Grane*. Bidrag till kännedomen om sulfonglycinerna, af *L. Fr. Rosengren*. Studier öfver ciliata infusorier, I, af *H. Wallengren*. Analecta algologica, continuatio II, auct. *J. G. Agardh*. Studier öfver bryozoerna i Sveriges kritsystem, II, af *A. Hennig*. Inbjudningsskrift till filosofie doktorspromotionen i Lund d. 31 maj 1894, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1893—94. — Bd. 6. Zur Frage über die Constitution der aromatischen Diazoverbindungen und ihrer Isomere, von *C. W. Blomstrand*. Sur le développement de l'électricité au contact de l'air et le l'eau, par *K. A. Holmgren*. Berechnung der Bahn des Kometen 1890 II, von *Elis Strömgren*. Beiträge zur Biologie der geophilen Pflanzen, von *F. W. C. Areschoug*. Iakttagelser öfver tillväxten hos Orobanche-arter, af *B. Jönsson*. Studier till kännedom om malakostrakfaunan i Baffin Bay och Smith Sound, af *A. Ohlin*. Studier öfver ciliata infusorier, II, af *H. Wallengren*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1894—95. — Bd. 7. Öfver bestämning af induktionskonstanter med differential-vibrationsgalvanometer, af *G. Granqvist*. Analecta algologica, continuatio III, auct. *J. G. Agardh*. Zur Kenntnis des anatomischen Baues des Blattes, von *B. Jönsson*. Studier öfver turbellarier, II, af *D. Bergendal*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1895—96. Lunds Universitets årsberättelse, af Universitets Rektor. — Bd. 8. Ueber das Auftreten von Lähmungen nach Masern, von *Karl Petrén*. Om stenos och obliteration af aorta vid eller i närheten af ductus Botalli, af *E. Wadstein*. Functionentheoretische Bemerkungen und Sätze, von *T. Brodén*. Basiska eruptiver inom V. Silfbergsfältet i Dalarne, af *M. Weibull*. On the Diplograptidæ and Heteroprionidæ of the Scanian Rastrites beds, by *S. L. Törnqvist*. Revision af lamellibranchiaterna i Nilssons »Petrificata Suecana Formationis Cretaceæ», af *A. Hennig*. Bidrag till kännedomen om larven af Phalacrocera replicata (Lin.), af *S. Bengtsson*. Bidrag till kännedomen om Fam. Urceolarina Stein, af *H. Wallengren*. Analecta algologica, continuatio IV, auct. *J. G. Agardh*. Ueber die physiologische Leistungen und die Entwickelung des Grundgewebes des Blattes, von *F. W. C. Areschoug*. Zur Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, von *B. Lidforss*. Contributions à la connaissance des Renonculacées—Cucurbitacées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique, par *S. Murbeck*. Bidrag till kännedomen om de nödvändiga

ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS

NOVA SERIES

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AFDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNEN

III

1907

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XVIII)

LUND 1907—08
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI
DISTRIBUERAS GENOM C. W. K. GLEERUPS FÖRLAG I LUND

ACTA REGIÆ SOCIETATIS PHYSIOGRAPHICÆ LUNDENSIS

KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR

NY FÖLJD

XVIII

1907

(LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. AFD. 2. BD 3)

LUND 1907—08
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI
DISTRIBUERAS GENOM C. W. K. GLEERUPS FÖRLAG I LUND

Innehåll:

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 3. Nr 1.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 18. Nr 1.

OM
TRYPANOSOMA-SJUKDOMARNA

EN ORIENTERANDE ÖFVERSIKT

AF

SEVED RIBBING



LUND 1906
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Denna afhandling åtföljde inbjudningsskriften till Professor T. L. Thunbergs installation, den 1 Februari 1906.

År 1841 bosatte sig i Paris D:r DAVID GRUBY, en ung vid Wiens universitet utbildad läkare. Utgången från ett fattigt judiskt bondehem i Ungern hade han endast under den bittraste nöd och de största försakelser kunnat kämpa sig fram till det föresatta målet. Han hade emellertid med heder bestått sina prof. Det uppgifves, att han blifvit erbjuden en lärareplats i fysiologi vid fakulteten i Wien under villkor af öfvergång till den romerskt-katolska trosbekännelsen, men att han bestämdt afvisat detta anbud. Han beslöt därför att söka sig en verksamhetskrets i ett land med friare åsikter och bosatte sig, såsom ofvan är nämndt, efter en studieresa till England uti Frankrikes hufvudstad. Här inrättade han ett privat laboratorium för fysiologi och patologisk anatomi och vann genom sina arbeten ett sådant anseende, att läkare och vetenskapsidkare från skilda länder täflade om att få åtnjuta hans handledning.

I de sparsamma biografiska meddelandena om honom läses bland annat, att MAGENDIE och CLAUDE BERNARD varit hans lärjungar. Säkert är äfven att svenska läkare på 1840-talet vallfärdade till Paris för att hos honom inhämta den patologiska histologiens och den kliniska mikroskopiens teknik. Bland hans elever torde FREDRIK THEODOR BERG, PEHR HENRIK MALMSTEN och PEHR ERIK GELLERSTEDT särskildt böra nämnas. Under sin långvariga och lyckliga verksamhet i vår medicinska undervisnings tjänst hafva dessa män till fullo ådagalagt, hvilka impulser de hämtat af GRUBYS undervisning, och hafva alltid med minnesgod erinran hänvisat därpå.

De första åren af GRUBYS arbete i vetenskapens tjänst voro rika på framgångar. En hvar läkare vet, huruledes särskildt den dermatologiska patologien och parasitologien har mycket att tacka honom för.

Hade GRUBY hoppats, att det franska samfundet skulle visa sig mot honom mera tillmötesgående än det österrikiska, så blef han besviken. Hans önskan att vinna inträde i statstjänst såsom lärare i patologi vid veterinärskolan i Alfort motverkades på den grund, att han icke var infödd fransk medborgare.

När han insåg, att detta hans hopp var fåfängt, ändrade han sin lifsuppgift och blef praktiker. Såsom sådan skaffade han sig ett stort och distingeradt klientel; och talrika anekdoter cirkulera ännu om hans egendomliga kurmetoder och intensiva suggestionskraft.

Författaren af föreliggande uppsats blef år 1872 särdeles gästfritt och välvilligt mottagen i GRUBYS hus och har honom att tacka för många introduktioner och rekommendationer till framstående lärare vid Pariserfakulteten.

Med väl bibehållen arbetskraft och under utvecklande af en allt större originalitet i väsendet uppnådde han sitt 89:de lefnadsår och afled 1898 [1]).

Under sin vetenskapliga glansperiod kunde GRUBY på gammaldags sätt väl karakteriseras såsom en *naturæ curiosus*. Han nöjde sig ej med att undersöka och mikroskopiskt genomforska vanliga patologiska fynd; han sträckte sin uppmärksamhet till allt som mötte honom. Sålunda fann han år 1843 i grodans blod en ofta förekommande egendomlig parasit, för hvilken han föreslog släktnamnet *Trypanosoma* — af τρύπανον (borr) och σῶμα (kropp), — ett namn, som af efterföljande forskare blifvit upptaget och fastslaget för talrika och viktiga blodparasiter, dem en senare forskning upptäckt.

Visserligen hade VALENTIN och GLUGE under åren 1841 och 1842 funnit liknande parasiter i laxöringens och grodans blod, men ingen af dem hade vid sin upptäckt fäst den vikt och betydelse, att han försökt klassificera och namngifva de funna organismerna.

Redan innan GRUBYS upptäckt var känd och publicerad, hade BERG utan kännedom om hans samt REMAKS undersökningar uti gäddans blod funnit ett hæmatozoon. Som det meddelande härom, hvilket BERG offentliggjort i Hygiea, icke torde vara kändt af många bland vår tids forskare, anser jag mig hafva anledning att utförligt meddela hans skildring icke minst på grund af dess synnerligen klara och lifligt målande beskaffenhet, utan äfven därför, att den ådagalägger, hvilka goda iakttagelser, som kunde göras med den tidens vida underlägsnare mikroskop. Beskrifningen återfinnes i Svenska läkaresällskapets förhandlingar för den 10 okt. 1843. Först tvänne år senare blef densamma genom öfversättning bekant för den vetenskapliga världen i utlandet, och detta vållar, att BERG icke får sin rätta plats i den kronologiska redogörelsen för upptäckterna.

Skildringen lyder sålunda:

Herr BERG förevisade under mikroskopet ett infusionsdjur, som han funnit i blodet hos en gädda och meddelade därom följande:

»Det stora intresse för patogenetiska forskningar, som bör väckas genom senare årens mikroskopiska upptäckter af parasitiska växter och djur på och i lefvande djurorganismer, föranleder mig att utbedja mig sällskapets uppmärksamhet för förevisning af ett i blodet hos lefvande gädda af mig funnet lefvande djur. I dag 14 dagar sedan efter en undersökning af ögat hos en gädda lade jag en droppa af det i orbitan samlade blodet under mikroskopet och upptäckte där snart till min förvåning flera små djur, som med yttersta liflighet rörde sig mellan blodkulorna. För att öfvertyga mig att dessa djur ej kunnat komma från någon främmande inblandning, öppnade jag hjärtat och undersökte det därur på glaset utrunna blodet, samt fann där samma djur. Då glömska att medföra nyckeln till mitt mikroskop

[1]) Jfr biografiska meddelanden af SCHOLLER. Deutsche med. Wochenschr. 1900. s. 118.

hindrade mig att nämnda dag i sällskapet förevisa dessa djur, lät jag på morgonen i dag åter hämta 2 lefvande gäddor, som troligen länge gått i sump och därför voro mycket blodfattiga, så att jag blott erhöll några droppar blod ur hjärtat af hvar och en. I blodet af den mindre kunde jag ej finna något djur, hvaremot jag i den andras blod åter fann dem sådana jag här har äran förevisa dem. Lifligheten af djurets rörelse gör det svårt att i början säkert bestämma dess form. När åter rörligheten minskas, synes formen vara den af en något platt tryckt, smal cylinder, från hvilkens hela längd utgår en slags tunn kam eller man. Denna kam, hvars bredd på djurets midt är störst och där synes uppgå till väl den dubbla af kroppen eller cylindern, afsmalnar mot djurets båda ändar. I ena ändan af cylindern har jag tyckt mig finna en liten ringformig ansvällning, som ger sig tillkänna genom en starkare ljusbrytning. På midten af cylindern har jag äfven hos flera exemplar sett några punkter, som antyda inre organer. Den kamformiga bildningen synes vara djurets förnämsta rörelseorgan. Densamma är i en jämn vågformig rörelse fortgående från ena ändan af kroppen till den andra af största likhet med ciliarrörelsen. Då djuret lifligt slingrar, vänder och rullar sig, visar det sig, sedt ofvanifrån, under de mest olika former och med alla slags utböjningar och kanter, hvarom måhända bästa begreppet vinnes genom föreställningen af alla de former, som antagas af ett stycke linne, hvilket i alla riktningar plaskas i vatten. Storleken af de exemplar jag sett växlar mellan cirka $1^1/_2$—3 af de ovala blodkulornas största längd; största bredden mellan cirka $^3/_4$—$1^1/_2$ blodkulas bredd. Ännu på 6:te dygnet har jag sett dessa djur bibehålla lif i en liten blodsdroppa, hermetiskt innesluten mellan 2 glasskifvor i mitt rums vanliga temperatur af 12°. Hvad beträffar dessa djurs talrikhet i blodet, så har jag sett i en liten blodsdroppa åtminstone 8—10 stycken. Då jag bland 3 undersökta gäddor funnit dessa djur hos 2, så är skäl till den förmodan, att de förekomma ganska ofta. — Åtminstone af fiskens utseende och smak har jag ej tyckt mig finna anledning att misstänka någon sjukdom hos densamma. Så vidt jag har mig bekant, äro mikroskopiska hæmatozoer hittills blott funna af Professor Gluge i Bryssel hos en groda samt enligt mundtligt meddelande af Hrr D:r Malmsten och Sundevall äfven för dem förevisade af D:r Gruby i Paris i blodet af hunden.»

»Hr Malmsten anförde Grubys upptäckt af djur i blodet hos hunden; dessa djur voro såsom Hr Malmsten haft tillfälle själf öfvertyga sig, till stor mängd närvarande i hvarje droppa, röjde en utomordentlig liflighet, och man trodde sig på dem urskilja en hufvudända. Hos hundarna, uti hvilkas blod dessa djur förefanns, syntes intet tecken till sjuklighet.» [1]).

[1]) Det här omnämnda fyndet af blodparasiter hos hunden är så mycket egendomligare som det under senare tider icke blifvit bekräftadt. Vår tids forskning känner ej till några ofta förekommande hæmatozoer hos hunden i Europa. Då man ej kan antaga att Gruby och Malmsten misstagit sig, måste man förklara deras fynd såsom endast temporärt uppträdande.

Efter denna tidpunkt tilltaga upptäckterna i mängd. Länge syntes de dock endast hafva det zoologiska intresset, men efterhand började man inse, att viktiga sjukdomar hos husdjuren och äfven hos människan kunde vara förorsakade af *Trypanosoma*-arter.

Vid en mönstring af alla hittills upptäckta species af detta släkte faller det sålunda strax i ögonen, att de från praktiskt kulturell synpunkt kunna delas i tvänne stora grupper nämligen den *patogena* och den *icke-patogena*. Då föreliggande uppsats endast afser att redogöra för trypanosoma-*sjukdomarna*, är det självklart, att endast de sjukdomsalstrande arterna här komma att behandlas. Ett undantag därifrån, men dock endast i viss mån, anser jag mig böra göra för den först beskrifna arten *Trypanosoma Lewisi*. KENT. Den kan på sätt och vis sägas intaga en medelställning. Under vanliga förhållanden synes den icke förorsaka egentliga sjukdomssymtom hos sina värdar, men under särskilda förhållanden och vid en del laboratorieförsök har den visat sig kunna medföra allvarliga rubbningar hos försöksdjuren. Då därtill kommer, att denna art varit länge känd och synnerligen noggrannt studerad i sina biologiska och patologiska förhållanden, synes det mig berättigadt att äfven därom lämna en kort framställning.

Trypanosomiasis hos råttor.

Orsak: *Trypanosoma Lewisi*. KENT.

Åtskilliga forskare antaga, att den första som sett och beskrifvit denna art varit CHAUSSAT, hvilken år 1850 fann den i blodet hos *Mus rattus* [1]). CHAUSSAT ansåg parasiterna vara unga nematoder och sammanställde dem ej med de förut upptäckta och beskrifna blodparasiterna. Många år därefter upptäckte LEWIS [2]) i Calcutta och andra delar af Indien samma organismer i blodet hos *Mus decumanus* och *Mus rufescens*. LEWIS är på det klara med att han har för sig ett protozoon af Flagellaternas klass. KENT föreslog för detsamma släktnamnet *Herpetomonas Lewisi*. Numera hänför man djuret till släktet *Trypanosoma* och låter LEWIS' namn utmärka arten.

Som ganska snart efter nyssnämnda upptäckt följde EVANS' fynd af en liknande organism i blodet hos åtskilliga husdjur i Indien, uppstod för en tid någon osäkerhet rörande identiteten eller skillnaden mellan dessa blodparasiter. Efter åtskilliga kortare meddelanden i ämnet af andra forskare upptogs det först år 1899 till en allsidig bearbetning af LYDIA RABINOWITSCH och WALTER KEMPNER [3]).

Genom en mängd iakttagelser har det blifvit konstateradt, att Trypanosoma Lewisi förekommer i blodet hos kloakråttor och andra i »vildt tillstånd» lef-

---

[1]) CHAUSSAT. Thèse. Paris 1850. cit. i LAVERAN och MESNIL. Trypanosomes et Trypanosomiases. Paris 1904. sid. 53.

[2]) LEWIS. Qvart. journ. microsc. science. 1879. s. 109.

[3]) Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankh. 1899. Bd. 30. s. 251.

vande individer af Mus decumanus och M. rattus öfver hela världen. A olika observationsorter har man dock funnit procentsiffran af angripna djur något varierande. Hos i labaratorier uppfödda individer förekommer parasiten dock icke, såvida djuren ej direkt infekteras därmed.

Den experimentella infektionen kan utföras på flerahanda sätt. Efter otaliga försök hafva såväl RABINOWITSCH och KEMPNER som andra forskare funnit, att en injektion i peritonealhålan är den bästa metoden, subkutana och intravenösa injektioner kunna ock föra till målet, men ej så säkert som det förstnämnda sättet. Infektionen genomlöper därvid i regel trenne ganska väl skilda stadier. Under det första, som varar tre till fyra dagar, ser man en synnerligen rask ökning af parasiterna i peritonealhålan. Efter denna tid öfvergå de till kärlsystemet och fortsätta där att föröka sig, ehuru icke med samma intensitet som i bukhålan. Efter ungefär den åttonde dagen, stundom något senare, finner man ej vidare i blodet några former, som antyda att förökningen fortsätter sig därinom; man kommer nu till den tredje eller stationära perioden, hvars varaktighet kan variera betydligt. Man har funnit den växla mellan 20 dagar samt tre till fyra månader. Under denna tid äro alla de parasiter, som finnas i blodet, af den fullvuxna, mindre typen. I detta stadium befinna sig i allmänhet infångade, vilda råttor, som på naturligt, icke experimentelt sätt blifvit infekterade.

Till infektionsmaterial använder man parasithaltigt blod, hvaraf endast ytterst ringa mängd behöfves för att medföra önskad verkan. Man kan erhålla effekt icke blott af färskt blod utan äfven af blod, som blifvit förvaradt i isskåp ända till 30—50 dagar. Parasiterna bibehålla sin fortplantningsförmåga såväl uti fysiologisk koksaltlösning som i agglutinerande serumarter. Infektionens intensitet beror i regeln icke så mycket på mängden af det inympade materialet som på lifaktigheten hos de förhandenvarande parasiterna.

De flesta forskare anse, att infektionen icke medför några egentliga sjukdomssymtomer hos de ympade djuren; endast en omkring 24 timmars lindrig reaktion, bestående i någon dåsighet, synes följa den experimentella injektionen. En experimentator JÜRGENS har däremot funnit, att yngre djurindivider visade ganska svåra sjukdomsformer, bestående i dåsighet, afstannande af vikttillökning, dyspné, oedemer i bakre extremiterna, subkutana blödningar. Vanligen inträffade död under andra veckan. Gamla råttor visade icke denna reaktion och icke ens alla unga. Obduktionsfynden bestodo i blodfyllnad i lungorna med strödda inflammationshärdar, förstorad mjälte, svällda lymfkörtlar. Liknande iakttagelser äro gjorda af FRANCIS. Mc NEAL och NOVY hafva uppvisat, att olika stammar af Trypanosoma Lewisi äga olika virulens. På detta sätt kan man förklara de olika resultat rörande såväl den naturliga som den experimentella infektionens faror, till hvilka skilda forskare kommit.

Egendomligt nog synes intet annat djur än råttorna vara mottagligt för infektion med denna parasitart. En del afvikande uppgifter förefinnas visserligen, men de härstamma från den tid, då man ännu icke så noga kunde skilja mellan de olika

arterna af Trypanosomasläktet. Koch, Rabinowitsch, Kempner, Laveran och Mesnil m. fl. samstämma i denna åsikt.

Undersöker man parasiten i ett färskt blodpreparat, vare sig mellan objekt- och täckglas eller i hängande droppe, finner man den äga en långsträckt, spolformig, fiskliknande gestalt, hvars ena sida är något konvext afrundad och försedd med en vidhäftad, undulerande membran. Kroppen, som består af ett finkornigt protoplasma, utlöper på ena ändan i en spets, under det att den andra är försedd med en fin, fri flagell eller gissel, som vid sin bas fortsätter sig i den ofvannämnda undulerande membranen. Parasitens rörelse sker genom membranen och flagellen. I regel går den flagellförsedda ändan förut, företagande kraftiga svängningar åt sidorna, membranen befinner sig i vågformig rörelse och hela parasitens kropp visar sig stundom liksom skrufva sig framåt. Rörelserna hos denna art äro vida snabbare än hos dess samsläktingar. Parasiterna förekomma alltid fria i blodvätskan, aldrig inneslutna i röda blodkroppar. En fullvuxen individ mäter, inclusive flagellen, 24—25 μ i längd och 1,5 μ i bredd. Hos lefvande individer kan man observera en eller annan punkt, som synes starkare ljusbrytande. Vid lämplig färgning finner man i midten eller närmare flagellens utgångspunkt en kärna; längre ned mot bakre polen ser man en mindre kromatinkropp (centrosom, blepharoplast, micronucleus kallad hos olika författare), slutligen finner man flagellen fortsätta sig i en trådformig sträng, som utgör den undulerande membranens fria rand och sluta i den nyssnämnda kromatinkroppen i bakre polen. Alla dessa partier upptaga lämpliga färgämnen starkare än kroppsprotoplasmat och membranen. Frågan om trypanosomernas *föröknings- och fortplantningssätt* har varit diskuterad på grund af olika uppfattning hos olika forskare. För närvarande är man mest allmänt böjd för att antaga, att i vertebratdjurets blod och kroppsvätskor sker förökningen på följande tvänne sätt. Det ena af dessa är den longitudinella delningen. Vid densammas början ökas parasitens längd, stundom ända till 35 μ, bredden tre- eller fyrdubblas. Kärnan och centrosomet ökas i volym, flagellens bas förtjockas. Längre fram dela sig kärna och centrosom, dock finnes icke någon bestämd ordning, efter hvilken denna delning försiggår. Samtidigt med centrosomet klyfver sig flagellen. Nu kommer turen till delningen af protoplasmat, och man får därvid bilden af en liten parasit med kort flagell, som mer eller mindre fullständigt sammanhänger med moderdjuret. Innan dotterdjuret blir fritt, kan det stundom i sin ordning ytterligare dela sig; på sådant sätt uppkomma de grupper, hvilka man stundom ser, bestående af en större och flera smärre parasiter, någon gång bildande en rosettform.

En annan form af förökning är den, i hvilken man icke kan urskilja moderdjuret. Rabinowitsch och Kempner hafva först med säkerhet iakttagit densamma, men icke lyckats framställa preparat med färgade flageller. Wasielewski och Senn [1]) betvifla dess förekomst. Men sedan Laveran och Mesnil först lyckats att framställa fullt tydliga preparat, hafva deras iakttagelser bekräftats af de här först nämnda tvenne forskarne [2]).

[1]) Zeitsch. f. Hygiene etc. Bd. 33. 1900. s. 444.

[2]) Centralbl. f. Bakteriologie etc. Bd. 34. 1903. s. 804.

Vid detta förökningssätt ser man parasiterna antaga en kulformig, oval eller irreguliär gestalt. I deras protoplasma synas kärnor af växlande antal, centrosomer strax invid kärnorna och från centrosomerna utgående korta flageller. Kärnornas antal kan vara 2, 4, 8, 16. Centrosomerna kunna stundom förekomma i dubbelt antal, emedan deras delning har föregått kärnornas. Alla de nu nämnda organerna kunna vara fullständigt delade, innan något spår af klyfning i protoplasmamassan märkes; snart börjar densamma emellertid antaga en rosettform med lika många uddar som kärnor och centrosomer finnas, och slutligen blir delningen fullständig. Vid lyckad färgning af preparaterna finner man i dessa fall alltid flageller. De unga parasiter, som på detta sätt uppkomma, kunna omedelbart börja dela sig genom längsklyfning, en procedur, som förklarar uppkomsten af en del synnerligen små former. Eljest utveckla sig de ur rosettformen härstammande parasiterna till fullmoget utseende och storlek.

Under början af Trypanosomastudierna voro flere forskare af den åsikten, att den här afhandlade arten var identisk med öfriga för de större husdjuren patogena arter. Närmare undersökningar hafva dock ådagalagt, att Tr. Lewisi äger bestämda artkaraktärer. Den är sålunda till sin gestalt smalare, dess undulerande membran är mindre veckad, den är lifligare rörlig under mikroskopet, dess protoplasma visar icke vid färgning de gröfre granula, hvilka man finner hos de andra, mera patogena arterna, kärnan är belägen ungefär vid gränsen af kroppens första och andra tredjedelar. Bakre ändan af Tr. Lewisi är äfven i regel spetsigare.

Dessutom äro förökningsformerna olika. Råttor, som äro infekterade med Tr. Lewisi kunna på samma gång inympas med Tr. Brucei eller Tr. Evansi [1]).

Till de karaktäristiska artskillnaderna torde äfven böra räknas den omständigheten, att Tr. Lewisi länge kan hållas lefvande vid låg temperatur. Likaledes synes det vara konstateradt, att andra djur än råttor icke kunna infekteras med denna art. Hos marsvinet iakttages efter peritoneal inympning en kort tids fortlefvande af parasiterna, men någon blodinfektion kommer ej till stånd, och ett fullständigt försvinnande af parasiterna inträder snart. Försök att på konstgjorda näringssubstrater odla Trypanosomer hafva blifvit gjorda i stort antal, men hafva misslyckats ända till allra sista året, då Mc Neal och Novy [2]) samt sedermera Laveran och Mesnil haft framgång med sina kulturer af Trypanosoma Lewisi. De förra af dessa författare hafva efter flerahanda försök stannat vid att såsom näringssubstrat använda en blandning af defibrineradt blod samt gelos i olika proportioner. Trypanosomerna föröka sig såväl vid vanlig rumstemperatur som vid 34—37 ° uti termostaten. Man kan ympa det ena glaset efter det andra och erhålla positivt resultat, blott man skyddar sina kulturer från inverkan af bakterier. Kulturerna hafva förmåga att infektera de mottagliga djuren; den tjugonde generationen har sålunda visat sig äga fullständig virulens. I kulturerna ser man en del egendomligare former och grup-

---

[1]) Rogers. Proc. of the Roy. Soc. 1901. s. 163.

[2]) Journ. of infect. dis. I. jan. 1904. s. 1. cit. af Laveran och Mesnil anf. arb. s. 55.

peringar, t. ex. särdeles små individer af 1—2 μ i längd, hvilket förhållande torde kunna förklara en iakttagelse af Mc Neal och Novy, nämligen att filtrater som passerat Berkfelds filtra visat sig kunna infektera därmed inympade råttor. Därjämte iakttager man talrika rosettliknande grupper af djurindivider, hvilka tvärtemot förhållandena vid agglutination vända sina flagellförsedda ändar mot centrum samt dessutom hafva centrosomet liggande på samma sida om kärnan som flagellen utskjuter. Ungdomliga former af sferoid, spolformig gestalt samt former utan eller med föga utvecklad undulerande membran förekomma äfven.

Vid studiet af Trypanosomerna observerar man ytterligare ett fenomen af största egendomlighet och betydelse nämligen den s. k. *agglomerationen*. Den uppträder dels uti sådana prof, som längre eller kortare tid varit förvarade i isskåp; ännu bättre och fullständigare kommer den till stånd efter tillsatsen af ett agglutinerande serum. Det uppträder därvid en allmän agglomeration af de förefintliga parasiterna. Fenomenet börjar alltid på samma sätt; tvänne djur sammanhänga med sina bakre, icke flagellbärande ändar, beröringsstället är mycket inskränkt, andra individer komma därtill och lagra sig på samma sätt och snart har man en rosettartad bildning, hvars alla enskilda elementer bibehålla fullkomlig rörlighet. Hela gruppen ger intrycket af, att de i den ingående individerna med all makt söka att lösslita sig ur densamma. Flera sådana rosettbildningar kunna sammansmälta i större grupper, hvilka i hängande droppe rent af kunna iakttagas med blotta ögat, såsom i färg och ljusbrytande beskaffenhet urskiljbara från sitt omgifvande medium.

Dessa sålunda bildade grupper af parasiter kunna under vissa omständigheter åter lösgöras från hvarandra och hvarje individ blifva fullt fri och rörlig.

Låter man något för trypanosomerna dödande gift t. ex. kloroform eller formalin inverka på dem, uppträda äfven då agglomerationer men utan ofvan beskrifna regelbundenhet i bildningen och utan rörlighet.

Serum från råttor, som erhållit en viss grad af immunitet mot infektionen, visar sig kunna framkalla den ofvan beskrifna agglomerationen och detta i en grad motsvarande styrkan af immuniteten. Detta serum innehåller sålunda en agglutinerande substans, som efter längre uppvärmning förlorar sin verksamhet. Serum från friska djur utöfvar en ringa eller ingen agglutinerande eller paralyserande inverkan på här afhandlade organismer.

Råttornas naturliga infektionsvägar äro icke närmare kända. Man har gissat, att infektion skulle kunna meddelas genom löss och loppor, hvilka från angripna djur öfverfört dem till friska. Vid undersökning af nyssnämnda insekter har man visserligen sällan funnit några protozoer i dem, men om man krossar och uppslammar dem i fysiologisk koksaltlösning samt sedermera injicierar densamma i peritonealhålan på friska råttor, uppstår infektion på vanligt sätt. Instänger man friska och infekterade råttor i samma bur, blifva de friska råttorna snart angripna. Öfverflyttar man löss fångade på infekterade råttor och placerar dem på friska djur, finner man de senares blod parasithaltigt efter 2—3 veckors förlopp.

Dessa iakttagelser synas ådagalägga, att nyssnämnda insekter i fråga om råttornas infektion hafva samma rol som flugorna vid öfverförandet af andra Trypanosomasjukdomar.

I sammanhang med undersökningen och utforskandet af en infektionssjukdom uppställer man gärna den särskilda frågan, huruvida någon *immunitet* däremot kan vinnas eller ej. Äfven rörande trypanosomasjukdomarna hade man framställt detta spörsmål. De första som utrönt och besvarat denna fråga äro Kanthack, Durham och Blandford, hvilka i sin afhandling om skillnaderna mellan Naganasjukdomens parasit samt Trypanosoma Lewisi i korthet förklara, att råttor som genomgått en första infektion, äro oemottagliga för en andra inokulation. Denna iakttagelse har blifvit bekräftad och i en mängd detaljer utarbetad af Rabinowitsch och Kempner, Laveran och Mesnil m. fl. Förhållandet är så allmänt förekommande och så ofta uppvisadt, att några undantag från den allmänna regeln knappast gifvas. Däremot synes immuniteten icke ärfvas ens på mödernesidan. Ungar af immuna mödrar infekteras nästan lika lätt som andra individer.

I öfverensstämmelse med denna iakttagelse står, att agglutinerande substanser icke öfvergå från modrens blod till ungarnes. Den *aktiva immuniteten* hos råttor ådagalägges däraf, att vid en andra inokulation uppträda parasiterna endast undantagsvis och då helt öfvergående uti kärlsystemet, under det att de hastigt gå under redan uti peritonealhålan, där de blifvit införda. Snabbheten i denna procedur är något växlande. Hos kraftiga råttor, hvilka flera gånger blifvit ympade, kan en fullständig förstörelse af parasiterna vara färdig på en timme eller kortare tid, äfven om man injicierat en hel kub.-cm. särdeles Trypanosomarikt blod (1 parasit på 3 blodkroppar). Hela processen kan iakttagas i en droppe af peritonealsekretet. De hvita blodcellerna angripa parasiterna, suga dem fast vid sig och bilda sedan utskjutande partier, i hvilka parasiten gradvis men ganska snabbt indrages och upplöses i leukocyternas protoplasma.

Af nyssnämnda forskare hafva Rabinowitsch och Kempner ursprungligen uppvisat samt Laveran och Mesnil konstaterat, att serum från råttor, som erhållit flera injektioner af Trypanosomahaltigt blod, äger preventiva egenskaper. Om en passande mängd däraf injicieras hos mottagliga djurindivider kort före, samtidigt eller kort efter det de erhålla en inokulation, kommer ingen infektion till stånd. Har däremot infektionen redan gått så långt, att blodet innehåller utvecklade parasiter, bringas dessa i regel ej att försvinna genom injektion af nyssnämnda serum.

Den på nu anförda sätt förvärfvade *passiva immuniteten* synes ej alltid vara af bestående natur. Laveran och Mesnil hafva sålunda lyckats att någon tid efter den första behandlingen infektera samma råttor, men infektionen har blifvit lindrig och af kort varaktighet.

Serumarter af friska djur af andra species (får, kanin, häst, höns-fåglar) utöfva alls ingen inverkan på infektionens förlopp och följder.

Många intressanta detaljer rörande det immuniserande serums verksamhet i förhållande till använd mängd, inokulationstid och sätt, behandling förmedelst olika värmegrader, olika blandningsvätskor m. m. hafva blifvit offentliggjorda, men utrymmet tillåter ej att här meddela något däraf.

Nagana och andra därmed besläktade husdjurssjukdomar i Afrika.

Orsak: *Trypanosoma Brucei.* PLIMMER et BRADFORD.
Möjligen äfven andra species.

Den första kännedom om en hos de större husdjuren genom en flugas styng förorsakad sjukdom, som den europeiska forskningen erhållit, synes stamma från en resande JAMES BRUCE, hvilken under 18:de århundradet i Nubien och Abyssinien iakttog en epizooti bland kamelerna. Infödingarna ansågo att sjukdomen meddelades genom en fluga, och BRUCE ger i sin beskrifning en afbildning af densamma, i hvilken man trots dess ofullkomlighet kan igenkänna en *Glossina* [1]).

En fullständigare kunskap därom erhöll Europa genom DAVID LIVINGSTONE's resor och forskningar i Sydafrika. De meddelanden, han därom lämnat i sina beskrifningar, utmärka sig genom en stor noggrannhet och skarpsinnighet i iakttagelserna och hafva under senare tiders utförligare och mera detaljerade studier visat sig i sina alla väsentliga drag exakta.

LIVINGSTONE upptager den hos infödingarne gängse åsikten om sjukdomarnas utbredande genom styng af en fluga (*Glossina morsitans* Westw.). Han lyckades genom flerahanda försök ådagalägga, att så verkligen är förhållandet, att det icke kan vara tal om en infektion genom gräs och andra foderämnen. Han framhåller äfven, att den omnämnda flugan icke kan genom sina styng meddela sjukdomen åt människor. Han har likaledes gjort den erfarenheten, att flugans förekomst och härjningar äro inskränkta till vissa skarpt skilda områden eller distrikt, och att närliggande trakter kunna vara alldeles fria från denna landsplåga [2]).

Den egentlige upptäckaren af Naganasjukdomens väsen är den engelske militärläkaren DAVID BRUCE, hvilken efter intensiva studier inom Zululandets område under åren 1895—1897 publicerade sina rön. Hans arbeten, som delvis äro tryckta inom kolonien, äro ytterst svårtillgängliga annorstädes än i engelska, offentliga bibliotek.

Af alla senare forskare erkännas BRUCE's arbeten såsom grundläggande för hela läran om Naganasjukdomens etiologiska och experimentella områden [3]). En af

[1]) Anfördt efter BLANCHARD. Bull. de l'Académie de Médecine. 1901. Bd. 46. sid. 400.

[2]) DAVID LIVINGSTONE. En missionärs resor och forskningar i Syd-Afrika. Öfvers. Stockholm 1859. sid. 94 och följ.

[3]) Ordet *nagana,* som blifvit till fullo adopteradt af den europeiska vetenskapen, härstammar från Zuluspråket och betecknar det tillstånd af slöhet och kraftlöshet, som utmärker de sjuka husdjuren.

Bruce inokulerad hund sändes i november 1896 till England och blef utgångspunkten för en serie forskningar af Kanthack, Durham och Blandford under åren 1896—1898. En sammandragen framställning af deras undersökningar publicerades sistnämnda år.

Plimmer och Bradford hafva fortsatt undersökningarna särdeles hvad beträffar parasitens morfologi och hafva gifvit den artnamnet *Trypanosoma Brucei* [1]. Från ofvannämnda forskare hafva såväl Laveran och Mesnil som Nocard erhållit det virus, med hvilket de hafva utfört sina experimenter.

Den *geografiska utbredningen* af Naganasjukdomen är högst ansenlig. Visserligen kan man ännu ej med full säkerhet afgöra, huruvida de å olika ställen af den afrikanska kontinenten observerade epizootierna härstamma från alldeles samma parasitart — åtskilliga fakta tyckas tala för någon olikhet i detta afseende —, men man kan från praktisk synpunkt sammanföra alla i Afrika förekommande sjukdomar hos hästsläktet och de idisslande husdjuren, som visa sig vara förorsakade af Trypanosomer och som meddelas genom tse-tseflugor eller därmed besläktade insekter. Naganasjukdomen har sålunda visat sig inhemsk i Zululandet, Bechuanalandet, Mashonalandet, Mosambique, i Zambesiflodens dalområde, omkring sjöarna Nyassa, Tanganyika. Det tyska östafrikanska området är infekteradt, likaledes det engelska Östafrika. I trakten af Victoriasjön och i Uganda har man likaledes observerat sjukdomen. I Somali- och Gallaländerna, i Abyssinien, i Kongostaten, i Kamerun, i Nigerområdet, i Togo, i Senegal och Gambien, i trakten af södra Tsad, i Timbuktu, möjligen äfven i Algier hafva fall iakttagits.

I detta sammanhang torde det vara tillåtet att nämna, att Westwood, som mycket sysslat med tse-tseflugornas naturalhistoria, är böjd att antaga, att sjukdomen stundom kunnat i farsotlik utbredning öfverskrida sina vanliga gränser och att de egyptiska plågorna, som beskrifvas i 2 Mos. B. kap. 8. v. 24, varit af denna art.

I motsats till hvad som är fallet med andra sjukdomar, framkallade af protozoer, såsom t. ex. Malaria, Texasfeber m. fl. är Naganasjukdomen icke inskränkt till en enda eller några få besläktade djurarter, utan kan utveckla sig hos ett stort antal däggdjur. Man har redan pröfvat en ansenlig mängd, och raden torde nog komma att under försökens fortgång ytterligare ökas. Man kan antaga, att så godt som alla däggdjur äro därför mottagliga. Undantagen äro ytterst fåtaliga. Visserligen synas flere i vildt tillstånd lefvande idisslare kunna med lätthet tåla parasiternas närvaro i blodet, men om immunitet kan man dock ej tala i dessa fall. Människan synes icke mottaglig för naturlig inokulation med Trypanosoma Brucei. Fåglarne äro immuna. Sjukdomen kan ytterst lätt inokuleras såväl genom venerna som genom peritoneum och genom subkutant införlifvande. Sjukdomens inkubationstid varierar, beroende såväl på djurarten som på inokulationsmaterialets rikedom på parasiter och på deras mer eller mindre lifliga tillstånd.

Hos vissa djur, såsom råttor och möss, förökar sig Trypanosoma Brucei raskt

[1]) Proc. of the Roy. Soc. Bd. 65. 1899. s. 274.

och regelbundet. Hos dem är en mikroskopisk undersökning af blodet tillräcklig för ställande af diagnosen. I andra fall är detta prof icke tillräckligt, utan man måste taga till hjälp ett inokulationsprof af 1—3 kubcm. af det misstänkta blodet till något lätt mottaglig djurart.

Olika djurarter reagera på olika sätt mot Naganasjukdomen. Man kan indela dem efter sjukdomsprocessens tidsförlopp uti:

1:o. Djur, hos hvilka sjukdomen förlöper akut; t. ex. möss, råttor, hundar, apor.

2:o. Djur, hos hvilka sjukdomen förlöper subakut; t. ex. kaniner, marsvin, hästdjur, svin.

3:o. Djur, hos hvilka sjukdomen visar en kronisk karaktär; dit räknas alla idisslare.

Beträffande den första gruppens vanligaste experimentdjur råttorna, torde böra meddelas, att inokulation under huden medför en inkubationstid af två dagar; från peritonealhålan sprides sjukdomen på 24 timmar. Sedan parasiterna en gång uppträdt i blodet, föröka de sig så starkt, att de i mängd uppnå eller öfverskrida blodkropparnes antal. Sjukdomens enda utgångssätt är döden, hvilken plägar inträda två till tre dagar efter det Trypanosomerna visat sig i blodet. Vid inokulation med svagt toxiskt material kan inkubationstiden förlängas, men har sjukdomen en gång utvecklat sig hos de mera mottagliga djuren, blifver deras blod lika virulent som efter starkare inokulationer. De ympade råttorna synas ej i regel förete några sjukdomstecken, icke heller temperaturförhöjning, förrän kort före döden, då de visa en viss grad af somnolens. Hunden är ytterst mottaglig för infektion, inkubationstiden efter subkutan inokulation varierar mellan två och sex dagar, sjukdomen medför en irregulier, remitterande feber; hela sjukdomens förloppstid är två till tre veckor. Symtomerna bestå i allmän svaghet, oedem i könsdelarne, ansvällning af inguinalkörtlarne, stundom grumling af hornhinnan.

Hos apan och katten utvecklar sig sjukdomen på liknande ehuru något långsammare sätt. Af intresse är en iakttagelse anförd af Laveran och Mesnil, att en katt, som uppätit en nyss död, Naganainfekterad råtta, efter ungefär en månads tid visade starka symtom af sjukdomen samt efter 44 dagar afled.

Hos kaniner och marsvin plägar den inokulerade sjukdomens förlopp taga ett medeltal af resp. 30 och 50 dagar.

Det allra största intresset är fästadt vid *hästdjuren* och deras reaktion mot giftet. Man har däraf funnit, att hästar, åsnor, mulåsnor, korsningsprodukter af häst och zebra, af åsna och zebra, alla äro mottagliga. Rörande zebran själf har man någon tid trott att hon var immun, men de sista experimentatorerna, Grothusen och Martini hafva funnit, att hon åtminstone var mottaglig för virus, härstammande från Togo. De förut meddelade uppgifterna om zebrans immunitet torde kunna förklaras genom en långsammare utveckling af sjukdomen i de relativt få iakttagna fallen.

När ett hästdjur på naturligt sätt infekteras genom stygn af tsetseflugan, tager

inkubationen en tid af omkring tio dagar, vid experimentell inokulering med starkt virus kan inkubationstiden förkortas till fyra dagar. Samtidigt med Trypanosomernas uppträdande i blodet inställer sig en feber af remittent typ, som varar ända till djurets död. Symtomen af sjukdomen bestå för öfrigt i ruggighet i hårbeklädnaden, serös flytning från ögon och näsborrar, ansvällning af abdominalregionen och genitalia, öfvergående svullnad i bakre extremiteterna, stark afmagring, slö hållning, hängande hufvud, blekhet hos synliga slemhinnor, grumling af hornhinnan. Under sjukdomens sista stadier har djuret ett särdeles ömkligt och tärdt utseende; kroppen är delvis hårlös, delvis klädd med sträft, tofvigt hår, den förutnämnda ansvällningen af bakre extremiteterna och genitalia ökas, fullständig blindhet inträder stundom. Slutligen faller djuret omkull och är oförmöget att röra sig, respirationen blir påskyndad och djuret dör af kraftuttömning. Under hela sjukdomen synes djuret icke lida af några smärtor och fortfar att äta med god matlust ända till sista dagen.

Den här lämnade skildringen af sjukdomsförloppet stammar hufvudsakligen från Bruce och motsvarar egentligen symtomföljden vid den vanliga infektionen. Vid inokulationsförsöken visa sig någon gång vissa afvikelser. Såsom regel observerar man likväl, att feberns början sammanfaller med Trypanosomernas uppträdande i blodet, samt att variabiliteten i deras förekomst synnerligen noggrannt motsvaras af höjning och sänkning af kroppstemperaturen.

Plimmer och Bradford samt Laveran och Mesnil hafva ådagalagt, att svinet också är mottagligt för Naganasjukdomen. Hos detta djur är förloppet dock ganska långsamt, och Trypanosomerna uppträda mycket sent i det perifera blodet, långt efter det man funnit samma blod vara starkt infekterande för lätt mottagliga djurarter.

Hos *idisslare,* särskildt *nötboskapen*, visar sig Naganasjukdomen särdeles växlande. Ett ringa antal dör en vecka efter sjukdomssymtomens början, andra efter en månad, flertalet släpar sig fram omkring sex månader. Infödingar och kolonister i Zululandet förklarade för Bruce, att de ansågo, att ett litet antal djur tillfrisknade. Sjukdomsfenomenen äro hos nötboskapen mindre framträdande än hos hästar och hundar. De angripna djuren magra småningom, hårbeklädnaden blir sträf och ruggig, fläckvis bortfallande. Flytning från ögon och näsborrar inställer sig, en lindrigare tarmkatarr plägar också förefinnas. Uti många fall svullnar dröglappen; däremot ser man aldrig ansvällning af genitalia, bukvägg och bakben som hos de andra omnämnda djuren, ej heller blindhet. Parasiterna äro också mindre talrika i blodet. Febern är mindre prononcerad än hos hästar. Blodkulornas antal sjunker betydligt.

Några forskare hafva funnit nötboskap af en och annan lokal-ras immun eller ytterst ringa mottaglig för experimentell infektion. Fullständigare undersökning af dessa förhållanden erfordras naturligtvis, innan saken kan anses konstaterad.

Hos *får* och *getter* är sjukdomen af långsammare duration och mindre fram-

trädande symtomer, ej sällan finner man hos dem fullständigt tillfrisknande och därefter immunitet.

Hos djur, som dött af Naganasjukdomen, märker man vid undersökning af de döda kropparne ganska ringa patologiskt-anatomiska förändringar. En betydande anemi, förstoring af mjälten, af lefvern, af lymfkörtlarna, subkutana infiltrationer af gulaktigt, gelatinöst serum under huden, under slemhinnorna och mellan musklerna, pleurala och perikardiala exsudater, subperikardiala ecchymoser utgöra de hufvudsakliga men ingalunda alltid närvarande förändringarna. En viss skörhet i skelettets ben, särskildt i ryggkotorna samt en exsudation af serös-gelatinös massa omkring ryggmärgen förekommer äfven i mera långsamt förlöpande fall.

Naganasjukdomens symtomer och utveckling erbjuda många dunkla punkter. Man ser den sålunda förlöpa dödligt både då parasiterna äro talrika i blodet och i fall, där de endast förekomma sparsamt samt periodvis. I det förra fallet kunde man tänka, att massorna af de främmande organismerna kunde vålla cirkulationsrubbningar i centrala organer, tromber m. m. Men för det senare slagets fall synes en sådan förklaring otillräcklig. Man har då helt naturligt kommit att tänka på bildandet af ett giftigt ämne, ett toxin, som skulle kunna förorsaka de nämnda företeelserna. Försök att framställa detta toxin hafva blifvit gjorda af Kanthack, Durham och Blandford samt af Laveran och Mesnil, men hittills utan resultat.

Vid alla inokulations- och infektionsförsök måste man behålla i minnet den omständigheten, att virus kan i olika fall hafva olika styrka, och att på grund däraf en djurart eller vissa individer tillfälligtvis kunna synas immuna utan att vara det.

En verklig immunitet kan dock förekomma såväl alstrad på naturligt sätt efter tillfrisknande från en genom flugbett öfverförd sjukdom som äfven efter utförda laboratorieinokulationer. En sådan immunitet träffar man lättast hos idisslarne, särskildt hos geten.

Under studiet af morfologien hos Trypanosoma Brucei finner man redan vid undersökning af färska blodpreparater en viss skillnad mellan densamma och Tr. Lewisi. Sålunda visa sig rörelserna ej så hastiga som hos den sistnämnda. Vidare finner man i ett och samma djurs blod parasiterna af ungefärligen samma storlek och utveckling, men däremot icke små och stora former om hvarandra. Endast vid de tillfällen, då man observerar parasiter stadda i delning, kan man finna större individer. Vissa författare, såsom Bruce, Plimmer och Bradford, anse att djurets storlek är olika hos olika värdar, andra åter såsom Laveran och Mesnil hafva icke kunnat bekräfta denna skillnad. Storleken hos parasiterna utgör omkr. 26—27 μ, någon gång 28—33· μ, i längd samt 1,5—2,5 μ i bredd.

Vid undersökning af färgade preparater finner man hos denna art ett par egendomligheter, som skilja den från andra, närbesläktade, nämligen dels närvaron af ett antal större och starkare färgade granula i parasitkroppens främre hälft, dels en afrundning af bakre polen. Kärnan är aflång och belägen i kroppens midt; centrosomet, som är beläget i närheten af bakre polen, färgas starkare än kärnan. Det synes stundom omgifvet af en liten genomskinlig zon. Flagellen, vanligen fri

i sin spets, fortsätter sig i den undulerande membranens kanttråd och slutar i centrosomet.

Förökningen sker med säkerhet endast genom longitudinell delning, därvid centrosomet börjar att tillväxa och sedan klyfva sig itu, samtidigt förtjockas flagellens närliggande del och klyfver sig på motsvarande sätt. Kärnan ökas i volym, kromatinet samlar sig vid ändpunkterna, sedermera inträder tudelning, och de båda kärnorna öka afståndet sig emellan, nu skiljer sig protoplasman i tvänne ungefär lika stora delar omkring kärnan. De två nybildade individerna kunna stundom sammanhänga ganska länge och i de färska blodprofven visa tvenne flageller och tvenne undulerande membraner; sedermera skiljas de från hvarandra, och klyfningen börjar alltid i främre polen. Undantagsvis kan en ny klyfning börja, innan den första tudelningen blifvit fullbordad. Några andra förökningssätt hafva ej med säkerhet blifvit iakttagna. Frågan om tvänne individers konjugation och detta fenomens betydelse för fortplantningen är ännu ej fullt utredd.

Blod, innehållande denna parasit, kan behållas med verksam virulens under tre till fyra dagar, sällan längre. I köld förlorar det snart sin verksamhet, och parasiterna undergå deformerande förändringar. Parasiternas lifaktighet kan bibehållas, om blodprofven värmas till 40 ° C.; vid högre värmegrad gå de i regel under.

Liksom med Trypanosoma Lewisi var fallet hafva först Mac Neal och Novy[1]) samt senare äfven andra forskare lyckats med artificiell kultur af parasiterna i förut beskrifna näringsvätska. Odlingen visar sig likväl i detta fall vanskligare, misslyckanden förekomma oftare. Man har dock kommit så långt som till fjortonde generationen. De kultiverade parasiterna hafva sällan fullt samma virulens som de direkt ur blodet stammande, särdeles är detta fallet, om de hållits i en högre temperatur.

Agglomerationer kunna iakttagas hos dessa parasiter likaväl som hos föregående art; de äro dock sällan så utvecklade som hos denna. Vid tillsats af vissa serumarter erhåller man nämnda fenomen i. mera karaktäristisk form.

När parasiterna befinna sig under mindre gynnsamma lifsvilkor, ser man dem förändra sin gestalt; de förkortas, afrundas och liksom sammanrullas. Sedermera kunna de sönderfalla, den mest resistenta delen af parasiten är centrosomet med flagellen.

Etiologien af Naganasjukdomen.

Redan Livingstone och hans följeslagare uppfattade på grund af inföddas uppgifter tsetseflugan såsom den egentliga bäraren af smittan. Livingstone uttrycker den förmodan, att det af flugan meddelade giftet skulle på något sätt reproducera sig; Major Vardon visade genom experiment med sin ridhäst, att endast en kort passage genom ett flugdistrikt var tillräckligt för att infektera hästen; det behöfdes hvarken att han därinom betade eller drack af befintliga vattendrag.

---

[1]) W. J. Mac Neal. The life history of Tryp. Lewisi and Tryp. Brucei. Chicago. 1905.

Samme forskare uttryckte också den uppfattningen, att infektionen på något sätt underhölls genom närvaron af det större villebrådet. Bruce har först lyckats på ett öfvertygande experimentellt sätt visa detta. Man kunde visserligen icke i de fällda jaktdjurens blod mikroskopiskt framvisa parasiterna, men samma blod visade sig vid inokulationen fullt virulent och gaf typisk trypanosomasjukdom. Hos alla de på jakt dödade djuren förefanns icke detta fenomen. Hos bufflar, gnu, kudu och andra antiloparter samt hos hyena iakttogs infektionen. Som de angripna djuren icke syntes på något sätt sjuka eller afmagrade, måste man antaga, att infektionen hos dem är mycket kronisk, samt att deras organismer under tidernas lopp erhållit en viss anpassningsförmåga, som sätter dem i stånd att fördraga parasiternas närvaro samt kanske äfven hålla deras utveckling inom vissa gränser.

Genom otaliga försök är det bevisadt, att i naturen är den hufvudsakliga källan till infektion bett af flugor tillhörande släktet *Glossina*. Flugan suger blodet från ett infekteradt djur och meddelar infektionen därefter åt det friska djur, af hvars blod det sedermera söker mätta sig.

För svenskar kan det ju hafva ett visst intresse att erfara, att det första exemplar af en Glossinaart, som fördes till Europa, var infångadt af Adam Afzelius under en resa i Sierra Leona 1793 och att det ännu finnes i behåll å Berlins museum. Vid denna tid hade ingen forskare någon aning om, hvilken stor plats dessa flugarter framdeles skulle komma att intaga i krönikorna om Afrikas utveckling och kultur. Icke ens när Glossinasläktet bestämdes och dess karaktärer beskrefvos af Westwood, kände man något om dess betydelse såsom förmedlare af sjukdomar till människor och djur. Först genom Livingstone's ofvannämnda reseskildringar blef dess betydelse i någon mån känd. Senare tiders mångsidiga forskningar hafva ådagalagt, att icke blott Naganasjukdomen meddelas genom *en* art af dessa flugor, utan att flera, ja nästan alla species af detta släkte kunna vid gynnsamma förhållanden öfverföra parasitära sjukdomar.

Det närmare förloppet därvid har länge varit föremål för mångfaldiga undersökningar, men utan att någon fullt tillfredsställande förklaring vunnits. De äldre experimentatorerna voro af den åsikten, att det parasithaltiga blodet från ett djur omedelbart öfverfördes till nästa friska djur, som flugan angrep. Med minnet af malariaparasiternas fortplantning och förökning i myggornas inre organer sökte man länge efter någon liknande process inom tsetseflugorna men förgäfves. I ett arbete publiceradt under innevarande år hafva Gray och Tulloch [1]) meddelat, att de funnit vissa Trypanosomaarter ansenligt förökas inom kroppskaviteterna hos Glossina palpalis, men till några ytterligare rön i ämnet hade de då ej hunnit.

Just nu i dessa dagar kommer från Robert Koch ett förutskickadt meddelande öfver hvad han i ämnet utrönt under sin sista Afrikaresa [2]). Koch har undersökt ett betydligt antal tsetseflugor af olika arter såsom Glossina fusca, morsitans, pallidipes, tachinoides m. fl. Vid sina undersökningar iakttog han bland annat, att

[1]) Reports of the sleeping sickness commission. London 1905. S. 282.

[2]) Deutsche med. Wochenschrift. 1905. d. 23 nov. s. 1868.

flugornas gadd vanligen var fylld med en vätska, hvilken vid tryck på bulben kunde utprässas i form af en vattenklar droppe. I denna vätska funnos hos flera flugor Trypanosomer i stora mängder. Då vätskan var fri från röda blodkroppar och parasiternas antal större än någonsin i blodet, och då de därjämte befunno sig på olika utvecklingsstadier, låg det nära att förmoda, att Trypanosomerna dock hos Glossinaindividerna genomginge en utvecklingsgång liknande malariaparasiternas hos mosquitos. Detta antagande har Koch lyckats bekräfta. Förvandlingen sker hufvudsakligen i flugornas mage. Till en början synes en differentiering af de med blodet upptagna individerna inträda. En del antaga en fyllig, svälld form med stor, lösare kärna, en annan del får en smalare gestalt med fastare kärna. Koch antager de förra vara honliga individer, de senare hanliga. Någon kopulation har han icke iakttagit; anser mera sannolikt, att mikrogameter bildas. I nedersta delen af magen finner Koch individer, hvilka han anser vara befruktade honor. Hos dem ser man flera kärnor, men aldrig mer än ett centrosom med flagell. Sedan finner man flere former af ungdomligt, outveckladt utseende. Nämnas bör äfven, att den omnämnda vätskan i flugans snabel äfven innehåller fullt utbildade Trypanosoma-individer och att dessa antagligen förmedla infektionen, ett antagande, som står i god öfverensstämmelse med förut gjorda fåfänga försök att utföra experimentell infektion med innehållet i flugornas magar. I fråga om tsetseflugornas biologi förtjänar här att anföras, att såväl hanar som honor suga blod, samt att båda könen kunna meddela infektion. Glossina-honorna lägga ej ägg utan framföda en enda larv i sänder, hvilken snart förpuppar sig. Då deras förökning sålunda icke sker så rikligt som hos många andra insekter, vill Koch betrakta detta såsom den svagaste punkten uti infektionens kretslopp och håller före, att där kan ligga en angreppspunkt vid bekämpandet af Trypanosomasjukdomarna. Åtskilliga utredningar äro dock ännu af nöden, innan man kan på detta område börja en profylaktisk kampanj af liknande art, som den Ross anordnat mot malariamyggorna i Afrikas städer och de amerikanska militärläkarne igångsatt i Havana mot de gulafeberförande mosquito-arterna; båda dessa åtgärder hafva, såsom bekant är, lämnat särdeles goda resultat.

Behandling af infekterade djur.

På grund af antydningar af Lingard om nyttan af arsenikbehandling i den besläktade Surrasjukdomen har Bruce gjort försök därmed i Zululandet. Han gaf åt hästar en daglig dos af arseniksyrlighet, varierande mellan 0,36 till 0,72 gram i form af arseniksyrligt natron.

Medlet har onekligen visat en viss inverkan. Djurens allmänna tillstånd har förbättrats, arbetsförmågan har återkommit, anemien minskats, men när det på grund af operativa verkningar af medlet blifvit nödvändigt att sluta därmed, hafva parasiterna återfunnits i blodet och sjukdomen utvecklat sig på vanligt sätt. Någon gång har full bot vunnits men med den icke någon immunitet för framtiden.

Laveran och Mesnil m. fl. hafva vid sina laboratorieexperimenter pröfvat denna behandlingsmetod och därvid funnit, att för de mindre försöksdjuren fordra-

des en kvantitet af 0,1 milligram arseniksyrlighet för 20 grams vikt hos djuret. Intramuskulär injektion visade sig vara det bästa applikationssättet. Efter omkring 24 timmar voro parasiterna i regel försvunna ur blodet, likvisst endast för kort tid, ty efter 2—4 dygn uppträdde de åter däri, och en fullständig kur medelst arsenikbehandling uppnåddes aldrig. Man kunde dock genom repeterad behandling hålla djuren vid lif två till tre månader, under det de icke behandlade djuren i regel dogo på femte dagen. Hos hundar var inverkan af arsenikbehandlingen relativt mindre utpräglad.

Arseniksyrligheten utöfvar vid direkta försök i glaskärl samma inverkan på Trypanosomerna som kininet på malariaparasiterna, men uti den lefvande organismen finna de förra säkerligen tillflyktsorter, där arsenikverkan är mindre stark, och när arseniken väl är eliminerad ur kroppen, börja dessa öfverlefvande parasiter att ånyo proliferera.

På grund af förslag af EHRLICH och SHIGA har man mot infektionen äfven försökt ett anilinfärgämne ur benzopurpurinets grupp, som blifvit kalladt *Trypanrödt*. Det har en öfvergående palliativ inverkan; verklig kur har dock ej därmed kunnat vinnas. På liknande sätt verkar ett annat färgpreparat *Malakitgrönt*. Enligt allra senaste meddelanden har WOLFERSTAN THOMAS i denna sjukdomsform och andra besläktade funnit ett afgjordt företräde hos behandling med *Atoxyl* (meta-arseniksyreanilid) med eller utan förening med trypanrödt.

Det är ju fullt naturligt, att man i en sjukdom af nu afhandlade slag skulle vända sig till serumbehandlingen. Af alla försökta serumarter har endast serum från människan visat sig i betydligare grad verksamt. Man erhåller vid detsammas bruk en minskning i sjukdomssymtomen, ett temporärt försvinnande af parasiterna i blodet, en förlängning af sjukdomsförloppet, i sällsynta fall fullständig bot.

Serum synes äga en specifik mikrobicid verkan på parasiterna ungefär liknande arsenikens, man iakttager vid dess bruk ej någon utpräglad förökning af de hvita blodkropparna eller någon fagocytos. Serumarter från däggdjur och foglar hafva visat sig overksamma. Serum från immuna djurindivider kan hindra sjukdomens utveckling, om det vid själfva inokulationen blandas med infektiöst blod; under andra förhållanden utöfvar det ingen vare sig preventiv eller kurativ inverkan.

Profylaktiska åtgärder.

Efter nutida åsikter i allmän patologi låg det nära till hands att i och för immunisering af husdjuren försöka något slag af preventiv ympning. Försök i denna riktning hafva ej felats. Man har därvid begagnat sig såväl af serumarter som af försvagadt Trypanosomavirus. De förra kunde visa någon verksamhet, om de injicierades samtidigt och blandades med det infekterande materialet; vid andra tillfällen visade de sig så godt som overksamma. Under de omständliga arbeten, som bedrifvits i detta syfte, har man ernått åtskilliga resultat, hvilka i ett och annat afseende tyckas vara hvarandra motsägande, och hvilka följaktligen erfordra ytterligare bearbetning. När sålunda äldre rön tyckts gifva vid handen, att vissa djur-

arter eller djurraser voro immuna (zebrau, åsnerasen från Maskat o. s. v.), hafva förnyade försök visat, att så icke varit fallet. Såsom immunitet har understundom en mera utpräglad tolerans mot sjukdomen blifvit uppfattad; och då man uteslutit Nagana endast på grund af saknaden af Trypanosomer i det perifera blodet, har man kunnat förbise möjligheten af infektionsämnets fortfarande bestånd i inre organer. En diagnos kan ej ställas med säkerhet utan inokulationsförsök på mottagliga djur.

Följande exemplen från äldre erfarenheter om andra infektionssjukdomar, hafva vissa forskare menat, att ett försvagadt virus skulle kunna framställas, om man lät parasiterna passera genom flera djurindivider af skilda arter, och att detta efter inokulation på människans husdjur skulle göra dem immuna [1]). Sålunda har SCHILLING fått ett ympämne efter passagen oxe—råtta—hund och sedermera inokulerat det på nötboskap. Han uppgifver, att efter dessa försök parasiterna visat sig omkring 10—13 dagar efter inympningen men försvunnit efter tre till fyra veckor. De så behandlade djuren hafva hållit sig friska uti flera år, senare företagna ympningar hafva visat negativt resultat. Som möjligen den invändningen kunde göras, att dessa profylaktiska ympningar kunde skydda mot den konstgjorda infektionen men ej mot den naturliga, har han låtit sina ympade djur arbeta i tsetsedistrikter men likväl kunnat behålla dem friska.

Andra författare, exempelvis KOCH [2]), äro af den åsikten, att dylika »immuna» djur i själfva verket äro spridare af smittan, så fort de komma inom tsetsedistrikter. De äro ingalunda parasitfria utan endast parasit-okänsliga; de kunna väl användas som bruksdjur, men blifva till skada för andra kreatursbesättningar, emedan de tillföra de på platsen befintliga flugorna nytt infektionsmaterial. Han anser därför olämpligt att på detta sätt söka bekämpa Nagana och andra därmed besläktade sjukdomar och håller före, att man säkrare om också långsamt kommer till målet genom flitiga blodundersökningar på husdjuren i de infekterade områdena, genom de sjuka djurens isolering, möjligen äfven genom nedslaktning.

Trypanosomasjukdom hos hästar i Gambia [3]).

Orsak: *Trypanosoma dimorphon.* DUTTON et TODD.

Ehuru här anförda sjukdomsart icke har erhållit lika omfattande bearbetning som t. ex. Naganasjukdomen, synes det likväl vara i högsta grad sannolikt, att de bägge forskare, hvilka bestämt den här anförda parasiten, hafva rätt i att anse den som ett särskildt species. Deras rön datera sig från åren 1902—1903, då de voro utsända till Västafrika särskildt för att studera Trypanosomasjuk-

[1]) A. SCHILLING. Über die Tsetsekrankheit oder Nagana. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. 1904. s. 476.

[2]) Deutsche med. Wochenschr. 1904. n:r 47.

[3]) DUTTON and TODD. First Rep. of the Trypanosomiasis Exped. to Senegambia (1902) Liverp. 1903. s. 24.

Djuret är nedslaget och visar stor allmän svaghet. Slemhinnorna blifva allt blekare, stötande i gult. Anemien är ihållande och stegras alltjämt. De hvita blodkropparne tilltaga, de röda minskas och visa ej den vanliga rullbildningen. Febern är oregelbundet remitterande, feberperioderna motsvara noga de tillfällen, då parasiterna kunna iakttagas i det perifera blodet. Parasiternas mängd håller sig därvid vanligen till omkring 400 per kub.-mm.; i sällsynta fall har man sett siffran stiga till 350,000. Utgången är mycket ofta dödlig.

Hela sjukdomsförloppet är hos hästar 30--50 dagar, hos mulåsnor och åsnor åtskilligt kortare.

Hos idisslarne är sjukdomsförloppet något olikartadt. För det första är det mycket långsammare och kan draga sig ut närmare ett år, vidare förekomma ej så få fall af återgång till hälsa. Vid den sista epizootien på Mauritius var mortalitetsprocenten hos oxar 30 % under det att den hos hästar var 100 %. Hos nötboskapen finner man ej alltid parasiterna i blodet vid företagna undersökningar; diagnosen måste ställas med tillhjälp af inokulationsförsök.

Hos kamelen uppgifves sjukdomen taga ett ännu långsammare förlopp och stundom sträcka sig öfver tre år.

Hundar infekteras ofta på naturlig väg, de äro dessutom mottagliga för inokulationer; sjukdomsförloppet kan variera mellan två veckor och tre månader.

Hos en del försöksdjur, särskildt får och getter, iakttagas stundom fall af tillfrisknande och därefter immunitet mot Surrasjukdomen.

I de dödliga förlöpande sjukdomsfallen observerar man icke några särskildt i ögonen fallande anatomiska förändringar. Mjältförstoring är tämligen konstant, uppdrifning af lymfkörtlarne samt små blödningar under slemhinnor och serösa hinnor kunna äfven stundom förekomma.

Den sjukdomsalstrande parasiten, *Trypanosoma Evansi* erbjuder många likheter med *Tr. Brucei*. Storleken är ungefär den samma, 25—30 μ i längd, 1—1,5 μ i bredd Formen är i allmänhet något litet smalare och mera utdragen än den sistnämnda, bakre polen är i regel tillspetsad men kan äfven vara något afrundad. Kärna och kärnkropp hafva samma utseende och läge hos de båda arterna. Hos Surraparasiten observerar man mindre talrika kromatingranula än hos Naganaparasiten; dessutom är den fria delen af flagellen längre och rörelserna i färska blodprof lifligare. Förökningen sker genom klyfning. Agglutinationsfenomenen äro öfverensstämmande hos båda. Artificiell kultur lyckas endast sällan. De kultiverade parasiterna syntes snart hafva förlorat sin virulens och ägde ingen immuniserande förmåga [1]).

Man har till en början, naturligt nog, trott att Nagana och Surra endast skulle vara varieteter af samma sjukdom. Noggrannare forskningar hafva dock visat, att de måste anses olikartade, hvilket särskildt ådagalägges af det faktum, att djur immuniserade mot den ena af dessa sjukdomar visat sig mottagliga mot den andra. *Orsakerna* och *utbredningssättet* för Surrasjukdomen äro ännu icke så utredda som

---

[1]) LAVERAN och MESNIL. anf. arb. s. 241.

fallet är med Nagana. Å de hemsökta orterna har man ej observerat några Glossinaarter, som kunde beskyllas för öfverföringen. Det låg då nära till hands att söka efter analoga infektionsvägar, och såväl infödingar som europeiska forskare luta åt den åsikten, att smittan skulle förmedlas genom andra flugor, exempelvis *Tabanus tropicus, Tab. Lineola, Stomoxys calcitrans, St. nigra.* ROGERS [1]) bevisade genom en serie af försök, att de i Indien vanliga hästflugorna kunde kort efter det de sugit sjuka djurs blod, meddela sjukdomen åt friska och i isolering hållna djur, hvilka därefter insjuknade med samma inkubationstid som efter små blodinjektioner. Höllos däremot de infekterade flugorna utestängda en till fyra dagar, innan de släpptes till friska djur, förekom ingen infektion. Rörande hundar och andra köttätare har man äfven funnit, att de kunna ådraga sig sjukdomen genom att bita eller äta andra djur, lidande af Surra. Naturligtvis kan man ej här utesluta möjligheten att infektionen äger rum genom såriga ställen på munslemhinnan och icke genom digestionsorganerna.

Vid *behandlingen* af sjuka djur har man användt samma metoder som vid förut omnämnda besläktade lidanden och med ungefär samma resultater. Man har äfven, särskildt på Mauritius, försökt en mängd antiseptiska och antiparasitära läkemedel i olika ingifningsform utan att vinna något därmed.

I *profylaktiskt* hänseende torde man ej hafva skäl att för närvarande eftersträfva något slags immunisering af djuren; den bästa åtgärden inom angripna orter är att undersöka och nedslakta alla afficierade djur samt att efter bästa förmåga skydda djurstallarna mot inträngande af flugor på samma sätt som man i Italien skyddar sig mot mygg. Import af djur från smittade orter till friska bör naturligtvis antingen förbjudas eller ytterst noga öfvervakas.

Caderas-sjukdomen.

Orsak: *Trypanosoma equinum.* VOGES [2]).

Med namnet Mal des Caderas betecknar man i Sydamerika en sjukdom hos hästar, hvilken för den stora allmänheten i främsta rummet synes karaktäriserad genom en förlamning i höfterna, och hvilken följaktligen i folkspråket fått ett motsvarande namn. Ehuru namnet icke kan sägas vara fullt adekvat, har det likväl blifvit upptaget i den patologiska nomenklaturen och torde numera icke böra ändras.

Sjukdomen har länge varit känd i Sydamerika, och ganska noggranna beskrifningar däröfver hafva för nära 50 år sedan blifvit publicerade i lokala tidningar och tidskrifter, dock utan att väcka det vetenskapliga Europas uppmärksamhet. Med anledning af de senare årens betydelsefulla upptäckter inom bakteriologien, har man sökt och trott sig finna den sjukdomsalstrande bacillen, en åsikt som lik-

[1]) Proc. af the Roy. Soc. Bd. 68. 1901. sid. 163.

[2]) VOGES. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankh. Bd. 39. 1902. s. 323.

väl visat sig vara felaktig. Upptäckten af sjukdomsorsaken har skett ungefär samtidigt af tvänne, hvar för sig arbetande forskare, Voges i Buenos Aires och Elmassian i Paraguay, af hvilka den senare något tidigare fick sina rön publicerade.

Sjukdomen är utbredd öfver ansenliga sträckor af den Sydamerikanska kontinenten, sålunda till stora delar af Brasilien, Bolivia, Paraguay, många provinser och territorier tillhörande Argentina. Den har också visat sig på ön Marajo vid Amazonflodens mynning. Sjukdomen synes förhärskande uti träskartade trakter.

På naturligt sätt angripas af denna sjukdom endast hästdjur. Infektionen kan likväl med konst öfverföras till ett stort antal däggdjursarter. Voges anser sig också hafva infekterat höns, ankor, kalkoner. Andra experimentatorer hafva vid inokulation på foglar erhållit endast negativa resultat.

Vid experimentell infektion af hästar kan man bättre än vid de naturliga sjukdomsfallen observera inkubationstidens längd, och den visar sig då i regel omfatta fyra till fem dagar. Efter denna period inträder den egentliga sjukdomens första stadium. Detsamma börjar i regel med en betydande feberstegring, 40 à 41 ° C. Denna blir i regel icke kvarstående. Vidare sjukdomssymtomer förekomma ej vid denna period. Djurens matlust och arbetsförmåga äro orubbade, kroppsvikten minskas ej, törsten kan stundom vara ökad. Har man djuren i stall och observerar dem noggrannare, finner man ej sällan förändringar i urinen, bestående i hemiglobinuri, stundom af mycket hög grad. Under hela denna period är djurets hårbeklädnad glatt och glänsande. Småningom inträder sjukdomens andra stadium. Äfven här är febern det bestämmande. Därvid observerar man sällan så höga tal som 40—41 ° C., men därjämte visa sig remissionerna mindre utpräglade än i början. Rena intermissioner förekomma ej mer. Djuren blifva nu slappa, likgiltiga, låta hufvudet hänga, afmagra högst betydligt trots kvarstående aptit. Törsten fortfar med ökad styrka, blodstasis och oedemer förekomma i de decliva delarne, särskildt i bakbenen men äfven å buken och genitalia. Håret förlorar nu sin glans och ligger ej mera så glatt vid huden. I flera fall, ehuru på långt när ej alla, visa djuren en vacklande gång, alldeles liknande en drucken människas, falla omkull och kunna ej utan hjälp resa sig. Det är detta fenomen, som har medfört sjukdomens spansk-amerikanska namn. Före dödens inträdande observerar man betydande och täta växlingar i temperaturen.

Sjukdomsförloppet kan vara af mycket olika längd, beroende på infektionens virulens och djurens motståndskraft. Tiden kan växla mellan 14 dagar och fyra månader.

De patologiskt-anatomiska förändringarna bestå i betydande torrhet i musklerna, serösa utgjutningar i brösthålan med fibrinösa aflagringar, utgjutning i hjärtsäcken af liknande beskaffenhet, blek hjärtmuskulatur, lindrigt förstorade lymfkörtlar, utgjutning i bukhålan, betydligt förstorad mjälte, likaledes sväld lefver, stundom något förstorade njurar. Serös utgjutning i de större ledgångarna.

Prognosen kan betraktas såsom absolut ogynnsam. Morbiditeten är också ansenlig. Såsom exempel må tjäna, att ett kavalleirregemente, hvilket i juni 1898

räknade 600 hästar, i november samma år icke hade mer än 100 kvar. Alla de andra hade dukat under för Caderas-sjukdomen. Under förloppet af sex månader förlorade en afdelning af fem argentinska kavalleriregementen 1,039 hästar och 489 mulor. I många trakter af Sydamerika har man såsom åkerbruksdjur måst använda oxar i stället för hästar, och i andra trakter, där man idkat uppfödning af halfvild boskap, har man måst upphöra därmed på grund af omöjligheten att behålla hästar åt de ridande herdarne.

Rörande orsakerna till Mal de Caderas har man helt naturligt vändt sina misstankar dels till möjlig förgiftning genom foder, dels till bakterier af ett eller annat slag. Intet af dessa antaganden har kunnat bekräftas. Sjukdomen har icke ens visat sig kontagiös hos djuren i försökslaboratorierna.

Äfven i de fall, där sjukdomen uppkommer på naturligt sätt, har man funnit, att om hela hästhjorden, inclusive de sjuka djuren, flyttas till en annan och frisk trakt, uppkomma icke några nya sjukdomsfall,

Sedan man utan bestämdt bevisande resultater sökt ur de sjuka djurens ryggmärg och andra väfnader kultivera patogena baciller, började man med inokulationen af blodet och fann detsamma i hög grad infektiöst. Infektionsämnet var så kraftigt, att det behöfdes blott att doppa en nål i det sjuka blodet och sedan insticka den i huden på en frisk häst för att han skulle efter vanlig inkubationstid insjukna i typisk Mal de Caderas. Blod och serösa vätskor från sjuka djur kunna inokulerade framkalla sjukdomen, men de delar däraf, som passera genom bakteriefiltrer, äro smittfria. Sjukdomsorsaken skiljer sig sålunda från gifterna i mul- och klöfsjukan samt gula febern, hvilka passera genom dylika filtrer.

Genom sjukdomen blir blodet i hög grad förändradt. I stället för att finnas 10 miljoner röda blodkroppar hos hästarne, sjunker siffran i de senare stadierna ned till tre à fyra miljoner, ja Voges har någon gång funnit ett så ringa antal som 800,000 pr kub.-mm. De hvita blodcellerna äro något förökade. Hemoglobinhalten sjunker ned till en tredje- eller fjärdedel af det normala.

Ympningar. Man har i denna liksom i liknande sjukdomar sökt studera olika djurarters mottaglighet för densamma, och man har funnit sig kunna med lätthet öfverföra densamma till möss, råttor och andra större och mindre gnagare, apor och hundar. Med idisslare, getter, får, oxar, äger det egendomliga förhållande rum, att de vida mindre reagera därför. Om parasiterna uppträda i deras blod under någon tid, så synas de ej vidare lida däraf, och sedan parasiterna efter någon längre tids förekomst försvunnit, synas de åtnjuta en fullständig immunitet mot vidare inokulationer.

Den sjukdomsalstrande organismen är en art af släktet Trypanosoma, som af Voges föreslagits till artnamnet *equinum*. Det sedermera föreslagna artnamnet Elmassiani torde ej vara skäl att upptaga i strid mot Voges' prioritet i benämningen. Trypanosoma equinum är i regel 22—24, någon gång 28—30 μ lång samt i regel 1,5, sällan 3—4 μ bred. Den liknar i storlek och öfriga karaktärer i hög grad sina samsläktingar Tr. Evansi, Tr. Brucei m. fl., men företer likväl vissa skiljaktig-

heter. Hos dessa senare är centrosomet särdeles tydligt och attraherar med styrka de vanliga färgningsämnena. Hos Tr. equinum är samma centrosom så ytterligt litet, att flere iakttagare rent af förnekat dess tillvaro. Det finnes likväl, ehuru det är synnerligen litet och endast ser ut som ändpunkten af den färgade flagellen och den därmed sammanhängande kanten af den undulerande membranen. LAVERAN och MESNIL hafva inokulerat med Tr. equinum och Tr. Brucei på en gång. De hafva funnit båda parasiterna samtidigt utveckla sig med någon öfvervikt för den senare arten. I blodprofven kunde man alltid skilja formerna från hvarandra, just i och genom centrosomets reaktioner. Kromatinkornen hos Tr. equinum variera i storlek och antal efter olika sjukdomsstadier. Den longitudinella delningsprocessen är likadan som hos de förut beskrifna arterna. Artificiell odling af denna art har ännu ej lyckats.

Sjukdomsformens egenart bevisas dels genom parasitens karaktärer, dels genom inokulationsförsök, vid hvilka det blifvit konstateradt, att djur immuna mot Nagana, Surra o. s. v. kunnat infekteras med Caderas och tvärtom.

Rörande det sätt, hvarpå Caderasjukdomen utbredes, äro meningarna ännu mycket delade, och tillförlitliga iakttagelser och försök föreligga ännu ej. Naturligtvis har man beskyllt vissa flugarter såsom *Mosca brava*, *Stomoxys nebulosa* och *St. calcitrans* för att utbreda smittan, men säkra bevis saknas. En egendomlig iakttagelse af Sydamerikas hästuppfödare förtjänar att antecknas. I Sydamerika lefver vid betesmarkernas vattendrag i stort antal en gnagare, som bär det vetenskapliga namnet *Hydrochærus capibara*. Tid efter annan förekommer bland dessa djur en farsot af okänd natur, som medför stor dödlighet, och deras döda kroppar synas då i stort antal i vattendragen. När hästuppfödarna iakttaga detta fenomen, anse de sig hafva skäl att frukta, att Mal de Caderas skall komma att härja i deras hästhjordar.

Likheten med pestepedemier bland råttor är omisskännelig. ELMASSIAN, som i bref till LAVERAN gjort detta meddelande, har dock ännu ej lyckats finna någon på naturligt sätt infekterad Hydrochærus.

Behandlingen af de sjuka djuren är hopplös. De vanliga medlen, arsenik och trypanrödt kunna försökas. Hufvudsaken blir profylaxen, och denna anser VOGES böra göras efter KOCHs ledande grundtanke vid malarians utrotning. Om alla de angripna djuren i god tid slaktas, finner den sannolika mellanvärden inga djur att infektera sig ifrån, och sjukdomens utbredning blir sålunda hämmad. Olyckligtvis kan en sådan anordning på grund af bristande kulturutveckling i Caderasjukdomens hemland ännu ej utföras.

La Dourine eller beskällaresjukan.

Orsak: *Trypanosoma equiperdum.* DOFLEIN.

Under lång tid har man såväl inom Europa som inom aflägsnare länder observerat en sjukdom, hvilken erhållit ofvanstående namn. Den har ursprungligen

och på den naturliga infektionens väg endast visat sig kunna angripa afvelsdjuren inom hästsläktet. Sjukdomen har under förra århundradet varit spridd öfver stora områden af vår världsdel såsom Spanien, Frankrike, Tyskland, Österrike, Ungern, Ryssland, Turkiet. Genom veterinärpolisåtgärder har man likväl lyckats inskränka dess härjningar och spridning, så att den nu endast anses förefinnas i ringa mån i Spanien, Ungern, södra delarne af Ryssland och Turkiet. Ju mindre noggranna de administrativa anordningarna äro, dess lättare kan sjukdomen kvarstanna, utbreda sig eller på nytt importeras från de länder, hvilka äro att betrakta såsom dess stamort, nämligen södra medelhafskusten, Marocko, Algier, Tunis, Tripolis samt dessutom Syrien, Persien, Mindre Asien. Sjukdomen har äfven visat sig inom andra världsdelar såsom Nordamerikas förenta stater, Chile m. m. På Java tror man sig äfven hafva funnit en med densamma fullt identisk sjukdomsform.

Den första som upptäckte sjukdomens verkliga orsak och natur var Rouget [1]), hvilken under år 1894 fann en Trypanosomaart uti blodet hos en häst från remontdepôten i Constantine. Under ett par år sysselsatte han sig med ympningar af infektionsämnet till andra djur, men efter denna tid gick infektionsämnet förloradt, och Rouget kunde ej skaffa något nytt.

Några år senare lyckades Schneider och Buffard att finna samma parasit hos tvänne af la Dourine lidande hästar från Algier och senare äfven hos en åsnehingst. Genom ympning på hundar hafva de lyckats hålla infektionsämnet vid lif, och detsamma har nu på mångfaldiga ställen inom Europa blifvit användt till experimentella inokulationer.

Hos *hästar* är sjukdomens förlopp vanligen kroniskt och man urskiljer i dess utveckling trenne perioder. De allra *första* symtomen, tillhörande första skedet, visa sig hos hingsten på 11:te till 20:de dagen efter den smittande parningen och bestå i ett ringa och öfvergående oedem å genitalia. Oedemet kan utbreda sig till ljumskarne, till bukväggen, vanligen är det kallt och smärtfritt, någon gång hett och ömmande vid beröring. De angränsande ytliga lymfkörtlarne ansvälla. Hos stoet äro symtomerna ännu mindre märkbara och bestå i ringa ansvällning och rodnad i vaginalmynningens slemhinna samt en obetydligare slemflytning därifrån. Djurens matlust är under detta stadium god, temperaturen öfverskrider ej 38 ° C.

Under det *andra* stadiet observerar man en del fläckar (plaques) af ett egendomligt utseende. Vid palpation däraf får man en förnimmelse liksom af en under huden liggande metallskifva, deras storlek växlar mellan en enkronas och en flathands, hårbeklädnaden är sträf och huden förtjockad. Dessa förändringar inträda 40—60 dagar efter infektionen. Dessutom inträda nu andra förändringar, såsom afmagring, trötthet, svaghet i bakre extremiteterna. Temperaturen kan stiga till 39 ° C.

Uti *tredje* stadiet utgöras de utmärkande symtomerna af en stark anemi samt paraplegi. Afmagringen är ansenlig, slemhinnorna bleka, rörelserna försvårade,

---

[1]) Annales de l'Inst. Pasteur. Bd. X. 1896. sid. 716.

bölder bilda sig, ögonhinnorna afficieras, ledgångarne styfna, frakturer inträda. Mot slutet faller djuret för att ej mer resa sig och visar fullständig okänslighet vid operativa ingrepp på flera kroppsområden.

Sjukdomens varaktighet går mellan två till tre månader, undantagsvis kan den uttänjas till ett till två år.

En akut form med snabbare utvecklingsgång kan stundom förekomma.

Hos *åsnor* är sjukdomen af långsammare utvecklingsgång och mindre utpräglade symtomer, hvarför detta djur ofta underhåller och utbreder smittan.

Den mikroskopiska demonstrationen af parasiten är ej allid lätt. Bäst lyckas man finna den i blodet från den närmaste omgifningen af de lokala fläckarna och ansvällningarna. Från blodkärlens innehåll får man sällan parasiten. Under sjukdomens gång växla fynden. Diagnosen kräfver kontroll medelst ympning på mottagliga djur.

Obduktionsfenomenen bestå hufvudsakligen i ansvällning, infiltrat i och uppmjukning af lymfkörtlarne samt i en hemorragisk ramollition af ryggmärgens nedre delar.

På experimentell väg kan sjukdomen meddelas åt hundar, kaniner, råttor, möss. Inokulationen kan utföras dels på mera vanligt subkutant eller intraperitonealt sätt, dels genom införande inom orbitan eller under kraniet. Särskildt är likväl att märka, att sjukdomsgiftet kan intränga genom oskadade slemhinnor t. ex. medelst en droppe blod införd i konjunktivalsäcken hos en kanin. Nötboskapsdjuren, apor, fåglar och amfibier hafva visat sig oemottagliga för infektion.

Laveran och Mesnil anse, att Tr. equiperdum är den beträffande morfologiska förhållanden minst utförligt iakttagna af de patogena Trypanosomaarterna. Vid undersökning af färska eller färgade preparater visar den sig äga ungefär samma eller något mindre storlek och skapnad som de andra. Kärna, centrosom, flagell och membran visa liknande förhållanden. Den bakre polen kan variera, i det den understundom synes afrundad, understundom utskjutande i tvänne spetsar, ett faktum som nyss anförda författare antaga bero på en kontraktilitet, som är starkare i kroppens längdaxel än i kanterna. En ganska karaktäristisk egenskap består däri, att protoplasmat hos dessa parasiter icke äger några starkare färgattraherande granula och sålunda mest liknar Tr. Lewisi. Dessutom är att anmärka, att man i vissa preparater finner en vakuol omedelbart mediant om centrosomet. I detta afseende liknar den Tr. gambiense hemtad från cerebrospinalvätskan hos negrer, lidande af sömnsjuka. De anförda författarne luta åt den uppfattningen att denna vakuolbildning kommer till stånd vid fixation af parasiter från andra vätskor än blodet, och att den sålunda icke skulle vara att betrakta som en biologisk egenskap.

Den longitudinella delningen är här iakttagen liksom hos de andra arterna.

Parasiten är ej synnerligt talrikt förekommande i blodet hos hästdjuren.

Sjukdomssymtomen i La Dourine hafva många analogier med de i Nagana och besläktade lidanden förekommande. Sålunda finner man äfven här anemien,

oedemerna i könsdelarne och kroppens nedre partier, affektionerna i ögonen och ögonlocken, afmagringen trots den goda matlusten.

Skillnaderna röja sig hufvudsakligast i sjukdomsförloppet, i närvaron af hudfläckar, förlamning i bakdelen och af ramollitionshärdar i ryggmärgen.

Att variationer i symtomen kunna förekomma i en sjukdom, som kan hafva ett mer eller mindre akut eller kroniskt förlopp, är själfklart.

Såvidt man vet, hafva insekter alls ingen del i sjukdomens utbredning.

Sjukdomen visar äfven däri sin egenartade natur, att djur, som blifvit immuniserade mot densamma, kunna infekteras med t. ex. Nagana eller Caderas.

Sjukdomens spridning genom parning var känd och experimentellt bevisad, långt innan man anade dess parasitära natur. Hos djur, som ej användas till afvel, var den så godt som okänd, och i de få fall däraf, som iakttagits, torde man vara berättigad att sluta sig till en smittöfverföring genom ryktdon eller ströhalm.

Vid *behandlingen* af denna sjukdom hafva åtskilliga medel blifvit försökta. Framgång har vunnits i en del fall vanligast efter användningen af något arsenikpreparat med eller utan understödjande tillsatser såsom järn och stryknin. Serumbehandlingen har såväl i kurativt som preventivt syfte visat sig mindre pålitlig.

Hos några djurindivider, som på experimentell väg blifvit inokulerade, har man efter långa och svårartade sjukdomssymtom observerat en fullständig *immunitet*.

I och för en behöflig *profylax* måste man i de länder, som riskera att få sjukdomen importerad från dess nuvarande härdar, Algier och Navarra, anordna karantän med noggrann mönstring af alla djur äfven omfattande mikroskopisk undersökning af blodet samt i misstänkta fall inokulationsförsök till mottagliga djurspecies.

Beträffande redan angripna djur är det icke nödvändigt att nedslakta dem alla. Med hondjuren är det likväl den säkraste utvägen. Handjuren böra helst kastreras för att blifva urståndsatta att utbreda sjukdomen.

Inom de angripna områdena bör man naturligtvis på bästa sätt öfvervaka hästdjurens parning och särskildt hafva sin uppmärksamhet fäst på befintliga åsnehingstar, hvilka på grund af sin sjukdoms latens särdeles lätt kunna bidraga till smittans utbredande.

Den sydafrikanska gallsjukdomen (Galziekte) hos nötkreatur.

Orsak: *Trypanosoma Theileri.* LAVERAN.

Denna sjukdomsform, som icke tilldragit så stor uppmärksamhet som de flesta af närstående sjukdomar, synes vara väl skild från dem både genom den egendomliga och lätt igenkännliga parasiten samt därigenom, att den på naturlig infektionsväg endast synes kunna angripa nötboskapen. Sjukdomen är endemisk i Sydafrika och har först under senaste årtionde blifvit beskrifven af några därstädes

arbetande veterinärläkare [1]). Namnet på densamma har växlat, men man tyckes numera ena sig om ofvananförda benämning. Den förorsakande Trypanosomaarten upptäcktes först af A. THEILER, en schweitzisk, i Transvaal bosatt veterinär.

LAVERAN och BRUCE hafva nästan samtidigt föreslagit, att hans namn skulle användas för att beteckna arten [2]).

Såsom redan är nämndt, är sjukdomen inskränkt till nötkreaturen. Alla försök att inympa den på hästar, hundar, får, getter, kaniner, marsvin, råttor och möss hafva misslyckats. Hos olika raser af hornboskap märker man olika mottaglighet för smittan. De inhemska raserna infekteras mindre lätt.

Sjukdomen kan förekomma under djurens alla åldersstadier. Den uppträder i en akut och en subakut form. Tre till fem dagar efter den experimentella inokulationen insjuknar djuret i en feberattack, som varar flera dagar, men sedan försvinner. Infektionen åtföljes af en högst betydande anemi, därvid man stundom finner de röda blodkropparnas antal reduceradt till 2,5 millioner på kub.-mm. Formförändringarna hos dem och förhållandet med de hvita blodcellerna är likartadt med förhållandet i andra svåra anemiska tillstånd.

Parasiterna kunna vara rätt talrika i det perifera blodet, men de kvarstanna ej länge där. Man kan ej finna någon fullständig parallellism mellan Trypanosomernas antal och sjukdomssymtomernas styrka. Sjukdomen är ej sällan komplicerad med andra, stundom parasitära lidanden. Mortaliteten beräknas till omkring 12 %; resten af de angripna djuren tillfrisknar.

Vid *sektion* iakttager man en vattnighet i blodet, alla väfnader bleka med en ikterisk färgning, bindväfven seröst infiltrerad, hjärtsäcken innehåller betydligt med serös vätska, hjärtat slappt, lungorna hypostatiska, mjälten stor och skör, mesenterialkörtlarne ofta ansvällda.

Den karaktäristiska parasiten skiljes lätt från andra däggdjurstrypanosomer på grund af sin storlek. De största formerna mäta 60—70 μ i längd, 4—5 μ i bredd, men mindre former förekomma äfven. I färska blodprof visar parasiten en synnerligen liflig rörlighet. På vanligt sätt fixerad och färgad företer den en oval kärna i kroppens midt, ett rundadt, starkt färgadt centrosom i bakre polen, flagellens fria del är ungefär fjärdedelen så lång som kroppen, den undulerande membranen rikt veckad, protoplasmat innehåller många starkt färgade granula. Förökningen sker genom klyfning.

Man antager, att den naturliga infektionen förmedlas genom flugor. Tvänne arter *Hippobosca rufipes* v, OLFERS och *H. maculata* LEACH hafva blifvit föremål för försök och därvid lämnat positiva resultat.

Något botemedel har ännu ej upptäckts. På grund däraf att sjukdomen synes hafva blifvit utbredd genom de preventiva injektioner af defibrineradt blod, som företagits för att hejda utbredningen af boskapspesten, torde det vara nöd-

[1]) KALLE. Zeitsch. f. Hygiene und Infektionskrankh. 1898. Bd. 27. sid 44.

[2]) BRUCE. The Lancet. d. 8 mars 1902. s. 664.

vändigt att före sådana åtgärders vidtagande förvissa sig om, att det injicierade blodet härstammar från ett parasitfritt djur. Öfriga preventiva åtgärder måste för närvarande inskränkas till att på bästa sätt skydda boskapen mot flugor.

Möjligt är, att samma sjukdom äfven kan förorsakas af en besläktad men afvikande parasitform, som af Laveran blifvit benämnd *Tryp. transvaaliense.*

Trypanosomasjukdom hos människan.

Den afrikanska sömnsjukan.

Orsak: *Trypanosoma gambiense.* Dutton.

Sedan mer än hundra år har man haft kännedom om en egendomlig sjukdom, som förekom hos negerstammarne i det västliga Afrika och som företrädesvis utmärkte sig såsom medförande en stark benägenhet att ständigt sofva. Under den tid, då slafhandeln blomstrade, kunde sjukdomen stundom framkalla rätt betydande mortalitet ombord på slaftransportskeppen, den kunde äfven utbryta hos de landsatta slafvarne i Vestindien och Sydamerika. Man märkte dock aldrig, att den grep öfver på vare sig den svarta eller hvita befolkningen i Amerika. Under början af förra århundradet gjordes den till föremål för studier af engelska läkare i Sierra Leone. Sedan dess hafva talrika kortare och längre uppsatser därom blifvit offentliggjorda af franska marinläkare.

En fylligare behandling erhöll ämnet genom en disputation af Guérin (Thèse. Paris 1869), i hvilken redogörelse lämnas för icke mindre än 148 fall, alla observerade på Martinique under en tid af tolf år hos negrer, som införts från Västafrika. Sedan denna tid och under inflytandet af det vaknade intresset för de tropiska sjukdomarna hafva arbetena öfver denna sjukdomsform blifvit ännu mera talrika samt medfört ökad kännedom och förändrad uppfattning af dess etiologi och symtomer. Efter bakteriologiens segertåg genom medicinen och den allmänna kulturen var det naturligt, att många forskare på denna väg skulle söka efter den gåtfulla sjukdomens orsaker. Visserligen funnos bakterier i mängd, särdeles i sjukdomens senare stadier, men något verkligt bevis för deras etiologiska rol vanns ej. Andra hypoteser, som förlade orsaken i förgiftningar genom födoämnen, missgynnande sociala förhållanden, hemsjuka m. m., kunde ej bestå profvet för en pröfvande kritik. Någon större uppmärksamhet vann Patrick Manson's åsikt, att sjukdomen vållades genom Filariaparasiter i de sjukas blod. Denna åsikt syntes vinna stöd bland annat däraf, att sömnsjukans och Filariasjukdomens utbredningsområden sammanföllo, samt att Filariaindivider ofta anträffades i blodet hos sömnsjuka negrer. Äfven denna förklaring visade sig otillfredsställande. En annan hypotes om sjukdomens väsen fick äfven skjutas åt sidan. Man hade nämligen fått den föreställning, att den endast kunde angripa negrer, och särskildt negrer i Afrika, men senare iakttagelser ådagalade, att europeiska kolonister också kunde drabbas däraf. Rörande etiologien uttalades allra först af Brault på grund

af symtomlikheten med vissa experimentella djursjukdomar den förmodan, att någon Trypanosomaart skulle vara den egentliga orsaken [1]. Ett viktigt uppslag till en förklaring kom emellertid från ett annat håll. På sitt sjukhus i Bathurst (Gambia) vårdade FORDE under år 1901 en europé, som under sex års tid i egenskap af fartygsbefälhafvare befarit Gambiafloden. Hos denne, som led af en oregelbunden feber och därföre ansågs behäftad med malaria, upptäckte FORDE uti blodet alls inga malariaparasiter men väl en sorts andra organismer, hvilkas natur var honom obekant. DUTTON, som senare på året anlände till kolonien i och för malariastudier, undersökte organismerna i blodet på samme patient och igenkände dem såsom hörande till Trypanosomasläktet och en ny art, åt hvilken han gaf namnet *gambiense* [2]. Det egendomliga fyndet väckte inom den medicinska världen den största uppmärksamhet och med karaktäristisk energi skyndade universitet och lärda sällskap i Liverpool och London att utrusta vetenskapliga expeditioner med uppgift att å ort och ställe studera denna märkvärdiga sjukdom. Utrymmet tillåter ej en utförlig relation af de därvid vunna resultaten, som finnas meddelade i en mängd utgifna skrifter och rapporter [3]. Från början anade man ej, att något samband existerade mellan sömnsjukan och den egentliga Trypanosomasjukdomen. En italiensk forskare med engelsk utbildning och i engelsk tjänst D:r ALDO CASTELLANI kom på den lyckliga idéen att genom lumbalpunktion extrahera cerebrospinalvätska från patienter lidande af sömnsjuka och i densamma upptäckte han lefvande Trypanosomer [4]. Han trodde sig hafva funnit en ny art och gaf den namnet *ugandense*, en tysk forskare benämnde den *Tr. Castellanii* KRUSE. Den sålunda gjorda upptäckten kontrollerades på skilda orter inom Afrika af en mängd forskare, och öfverallt konstaterade man, att framskridna fall af sömnsjuka voro så godt som alltid förenade med närvaron af de nyssnämnda parasiterna i cerebrospinalvätskan.

Genom en mängd undersökningar synes också hafva blifvit bevisadt, att *Trypanosoma ugandense* eller *Castellanii* i är identisk med *Tr. gambiense* samt att Trypanosomasjukdom i blodet hos människan endast är ett föregående stadium till den egentliga sömnsjukan, om ock den senare icke alltid med nödvändighet behöfver följa på den förra.

Den *geografiska utbredningen* af Trypanosomiasis hominum är högst betydlig inom Afrika. Man kan nästan säga att, ingen månad förgår utan att en ny härd

---

[1]) Janus. Juli—Aug. 1898, s. 47 samt Traité pratique des maladies des pays chauds. Paris. 1900. s. 508.

[2]) FORDE. Journal of Trop. Medic. 1902. 1 Sept. sid. 261. DUTTON. Journal of Trop. Medic. 1902. 1 Dec. s. 363. DUTTON. Thompson Yates Laboratories' Reports. Vol. IV. Del. 2. 1902. sid. 455.

[3]) Jfr. bland andra: First Rep. of the Trypanosomiasis Exp. to Senegambia by DUTTON and TODD. London 1903. DUTTON, TODD and CHRISTY. Thompson Yates and Johnston Laboratories' Rep. Liverpool 1905, s. 1. Reports of the sleep. sickn. commiss. många häften. Proceedings of the Roy. Soc. m. m.

[4]) Journ. of Trop. Medic. 1 Juni 1903. sid. 167.

därför upptäckes. Bland kända stamhåll för densamma kan anföras: Västra Afrika från Senegal till S:t Paul de Loanda. Sjukdomen förekommer här såväl vid kuststräckan som djupt in i landet. Den har äfven visat sig i svåra endemier och epidemier i Östra Afrika, särskildt i Uganda och i Tysklands ostafrikanska besittningar. Såväl fastlandet som utanför liggande öar äro angripna. Syd- och Nordafrika äro ännu skonade, men skäl finnas att befara, att den ökade samfärdseln inom de svartes världsdel skall gifva sjukdomen en ännu större spridning. Bland *predisponerande omständigheter* torde man först böra meddela, att åldern synes vara utan inflytande. Vid de undersökningar af hela befolkningsgrupper, som blifvit verkställda af de utsända expeditionerna, har det visat sig, att barn ofta kunna vara angripna och herbergera Trypanosomerna i sitt blod och sina kroppsvätskor. Någon skillnad mellan de olika könen kan man ej märka. Däremot har man observerat, att sjukdomen mest angriper personer af de lägsta klasserna, som sysselsätta sig med åkerbruk och flodfart, under det att man hos höfdingefamiljer och andra bättre lottade icke finner sjukdomen proportionellt lika utbredd. Såsom redan ofvan blifvit nämndt, har den gamla åsikten, att den afrikanska sömnsjukan endast kunde drabba negerrasen, fått gifva vika. Nyare iakttagelser hafva ådagalagt, att individer såväl af blandraser som af rent europeisk härstamning kunna angripas däraf.

Hos de sjuka hafva Trypanosomerna kunnat uppvisas såväl i blodet som i cerebrospinalvätskan; sjukdomens symtombild kan vara såväl Trypanosomafeberns som den egentliga sömnsjukans. Årstiderna synas ej utöfva någon inverkan på sjukdomens frekvens, hvilket också är ganska naturligt på grund af åkommans långa latensperiod. Födoämnen och diet utöfva alls intet inflytande. Krig, hungersnöd samt ökad samfärdsel hafva på vanligt sätt bidragit till att sprida sjukdomen.

Sjukdomens egentliga härdar finner man längs utmed floderna och i starkt skogbevuxna trakter. Inom dessa regioner anträffas i ymnighet en stickande fluga, *Glossina palpalis*, Rob. Desv. När redan insjuknade personer anlända till sådana områden, ökas sjukdomsfallen. Finnas däremot inga sådana eller besläktade flugor, inträder ej någon utbredning af infektionen.

Sjukdomens symtomer, utveckling och gång.

Alla forskare öfverensstämma i att anse sjukdomens *begynnelsesymtom* synnerligen dunkla. Under denna tid förefinnas Trypanosomerna i blodet men endast i ringa antal. Hos negrer framkallas däraf knappast några sjukliga fenomener; hos européer däremot en oregelbunden feber. De senaste forskningarna i ämnet hafva uppdagat ett synnerligen intressant och för diagnosen viktigt förhållande. Under sjukdomens *första* stadium förekommer en specifik, genom parasiterna framkallad multipel Lymphadenitis. Nästan hvarje patient har sina cervikal-, axillar-, inguinal-, femoralkörtlar ansvällda. Om man sticker en Pravaz' spruta in i någon af dessa körtlar och därifrån uppsuger ett par droppar körtelsaft, finner man med lätthet Trypanosomerna ganska talrika däri, och detta under ett stadium, då de med

svårighet eller alls icke kunna uppvisas i blodet [1]. När feber tillstöter, har den en remitterande typ, anfallen kunna räcka två till fyra dagar, därefter återgår kroppsvärmen till normalen för att efter en kort tids förlopp åter stiga och antaga en hektisk karaktär med en aftonsiffra af 38,5—39,0 sällan 40,0. Puls och respiration kunna vara påskyndade. Oedemer och erytemer kunna inställa sig liksom anemi, allmän svaghet, afmagring, hufvudvärk. En ringa mjältansvällning förekommer stundom. Under sådana tecken kan sjukdomen draga ut på längden och sluta dödligt utan att någonsin inträda i den andra fasen eller den egentliga sömnsjukans symtomkomplex.

Huru länge detta stadium varar, har man svårt att bedöma; flerehanda observationer synas antyda, att det under vissa omständigheter kan dröja ett till sju år, innan den karaktäristiska sjukdomsbilden inträder.

Detta *andra* stadium utmärker sig genom tvänne hufvudsymtom: febern och rubbningarna inom nervsystemet. Den förra har i regel stora växlingar från morgon till afton, ungefär 37° och 39°. Den skiljer sig därigenom från den vanliga temperaturförändringen i malaria, där de högre siffrorna pläga förekomma om morgnarna. Temperaturstegringen åtföljes ej af frossbrytning och svettning. Pulsfrekvensen är ökad, betydande växlingar däraf kunna förekomma under samma dag, såsom t. ex. mellan 90 och 130. Respirationen är likaledes påskyndad. Under sjukdomens gång kunna emellertid flerehanda afvikelser från det regelbundna förloppet inträffa. De bero då på komplikationer, särskildt med malaria. Ett par veckor före döden brukar temperaturen sänka sig och nedgå under normalen. Denna sänkning måste alltid uppfattas såsom är dåligt prognostiskt tecken.

Från nervsystemets område uppträda under detta stadium olika slag af rubbningar. Till dem är att räkna först och främst en förändring i karaktär och väsende, som är synnerligen vanlig. Personer af intelligent och verksam natur blifva slöa och lättjefulla. Fattningsförmågan försvagas, den sjuke har svårt att förstå, hvad man säger till honom. Han blir ytterst lättrörd och råkar tidtals i gråt af ringa eller alls ingen anledning. Eljest utbildar sig hos honom en utpräglad apati. Ansiktet förlorar sitt vanliga, vakna uttryck. Svar på de frågor, man riktar till honom, komma endast efter långt uppehåll. Somnolensen ökas gradvis och den sjukes hållning blir karaktäristisk. Hufvudet sjuker ned mot bröstet, ögonlocken slutas. Till en början kan man väcka patienten ur dessa attacker, senare blifva de oemotståndliga, särskildt efter måltider. Slutligen öfvergå de till fullständigt coma, under hvilket döden plägar inträda. Bland öfriga tecken från nervsystemets sida äro att märka hufvudvärk öfver orbitalregionen, värk i ryggraden och thorax, darrning i händer och tunga, i sista stadiet rigiditet i nackens och de nedre extremiteternas muskler, epileptiforma konvulsioner, sällan däremot paralysier.

Ett anemiskt tillstånd förefinnes alltid, ehuru af växlande grad och stundom åtminstone delvis beroende på sådana komplikationer som malaria och Ankylosto-

[1] Jfr BRUCE och NABARRO, GREIG och GRAY m. fl. i Reports of sleep. sickn. commission. W. THOMAS och BREINL. Trypanos. Trypanosomiasis and sleeping sickn. Liverp. 1905. s. 97.

miasis. Vid denna period är antalet Trypanosomer i blodet ganska ringa. Från yttre organer har man att anteckna oedemer, hudåkommor af flerahanda slag samt lymfadeniter.

Mjälten och i ringare grad äfven lefvern äro ansvällda. Matlusten kvarstannar till de sista stunderna.

Bland hittills ej nämnda komplikationer förtjäna att framhållas bronkit, pneumoni, lungoedem, decubitus.

Detta *andra stadiums duration* plägar utsträcka sig till 4—8 månader, sällan öfver ett år.

Parasiten och dess förhållande till olika djurarter.

Såvidt man nu kan döma af alla de experimenter, som företagits af de många forskningsexpeditionernas medlemmar, har man icke att göra med mer än en parasit. *Trypanosoma gambiense* DUTTON. Den här blifvit på experimentell väg inokulerad på ett stort antal af däggdjur, och de allra flästa af dem synas mottagliga. Hos aporna är infektionen förmedelst blod eller cerebrospinalvätska af särskildt intresse, emedan de därefter följande symtomen visa en stor likhet med människans Trypanosomiasis. Emellertid äro icke alla apsläkten mottagliga. Babianerna har man förgäfves sökt ympa; andra apor och halfapor äro i regeln mottagliga. De förnämsta symtomerna hos dessa djur bestå i feber, afmagring, anemi, mot slutet sänkning af temperaturen med somnolens. Temperaturhöjningen sammanfaller med uppträdandet af parasiterna i blodet. Sjukdomens hela omloppstid varierar mellan ett par veckor och tvänne månader. Någon gång inträder hälsa hos ett försöksdjur men därmed ej någon immunitet.

Inympningar med positivt resultat hafva blifvit utförda äfven på hundar, kattor, marsvin, råttor, möss, murmeldjur, igelkottar. Hos getter, får och hästar kan man väl framkalla en experimentell infektion, men symtomen blifva oftast lindriga. Nötboskapen tyckes i regel vara oemottaglig för denna Trypanosomaart, men som uppgifterna därom såväl från Ostafrika som från europeiska laboratorier delvis äro hvarandra motsägande, kan något afgörande omdöme därom ej ännu fällas, och detta så mycket mindre, som flere forskare otvifvelaktigt haft att göra med nya, ännu ej fullt bestämda arter eller varieteter af Trypanosoma-släktet.

Sömnsjukans patologiska anatomi.

De äldste forskarne upptäckte för mer än sextio år sedan, att vid obduktionen af i sömnsjuka aflidna patienter förändringar i hjärnan och dess hinnor förefunnos. Dessa förändringar bestodo i hyperemi och inflammation i meningerna, förökning af cerebrospinalvätskan, ökad vätskesamling i sidoventriklarne, vattnighet i hjärnsubstansen. Dessa fenomen har man äfven funnit hos apor, som dött efter experimentell infektion. För öfrigt motsvara de postmortala förändringarna till fullo hvad man på grund af sjukdoms- och komplikationssymtomerna hade skäl att vänta.

Den sjukdomsalstrande parasiten förekommer icke särdeles talrikt i människans blod, och de vanliga sätten att taga blodprof äro därföre icke tillräckliga för att

ådagalägga dess närvaro. Bruce och Nabarro hafva af denna anledning föreslagit en metod, som bättre för till målet. Man aftappar 10 kubcm blod ur en ven, blandar därtill en mindre mängd af en lösning af citronsyradt kali, centrifugerar denna blandning under 10 minuter. Denna åtgärd upprepas med plasmat fyra gånger, och det sediment, som bildas vid fjärde centrifugeringen, användes till mikroskopisk undersökning. Då det gäller att finna Trypanosomerna i cerebrospinalvätskan, aspirerar man medelst lumbalpunktion 10 kubcm däraf, centrifugerar denna vätskemängd i en fjärdedels timme och undersöker mikroskopiskt bottensatsen i rören. Parasiterna äro aldrig talrika här. De ägna sig ej heller så bra till fixations- och färgningspreparater. För detta ändamål äro parasiterna i blodet bättre, men som de hos människan ej förekomma i rikt antal, gör man bäst i att företaga inympningar på känsligå djur, och sedan undersöka deras blod, om man vill skaffa sig närmare kännedom om denna arts biologiska förhållanden.

För diagnosens ställande hos sjuka människor kan man såsom ofvan är sagdt punktera en lymfkörtel.

Trypanosoma gambiense mäter 17—28 μ i längd, 1,4—2,0 μ i bredd. Individer, som äro stadda i delning, äro längre och bredare än de öfriga. Flagellens fria del utgör en tredje- eller fjärdedel af den totala längden; stundom fortsätter sig dock protoplasmat ända till flagellens spets. Den undulerande membranen är ganska smal, den aflånga kärnan befinner sig i midten, centrosomet är mycket tydligt efter vanlig färgning. Den bakre polen varierar i form, stundom är den spetsig, stundom afrundad. Protoplasmat innehåller ofta tydliga kromatinkorn. Förökningen sker genom klyfning såsom hos de flesta andra Trypanosoma-arter.

De streptokocker, som man vid obduktioner finner i cerebrospinalvätskan, torde böra förklaras bero på en sekundär infektion.

Sjukdomens utbredningssätt.

Infödingarna i Västra Afrika anse Trypanosomasjukdomen såsom smittosam; sina sjuka isolera de ofta eller lämna åt sitt öde. Sjukdomen har på senare tider på ett oroväckande sätt utbredt sig både i västra och östra Afrika. När man emot dessa iakttagelser sätter de gamla observationerna, att sömnsjukan aldrig kunde få fast fot i Vestindien, är motsägelsen likväl endast skenbar, sedan vi numera lärt inse, att alla parasitära blodsjukdomar, som utbredas genom insekter, utslockna på importorterna, om ej insekter finnas, kapabla att upptaga parasiterna och öfverflytta dem på andra individer. Flera infödda stammar i Västafrika beteckna flugorna såsom förmedlare af sjukdomen. Genom Dutton's och Todd's undersökningar inom Gambiaområdet vann denna uppfattning ytterligare stöd, men de egentliga bevisen presterades år 1903 af Bruce och hans assistenter Nabarro och Greig [1]). Dessa forskare kunde genom en serie af experimenter ådagalägga, att om man lät individer af *Glossina palpalis* suga blod från sjuka negrer och sedan släppte dem att sticka friska apor, visade sig efter cirka två månader parasiter i blodet hos dessa

[1]) Brit. med. journ. 21 Nov. 1903.

senare. De nyssnämnda forskarne hafva också meddelat en karta öfver de trakter inom Ugandariket, som äro hemsökta af sömnsjuka, och de trakter, där Glossina palpalis förekommer, och dessa kartor äro fullständigt identiska.

Ännu saknas likväl en fullständig utredning, huruvida öfriga Glossina-arter eller andra insekter deltaga i utbredningen af människans Trypanosomiasis.

Diagnos.

Sjukdomen är under sitt första stadium svår att igenkänna. De vanliga feberanfallen kunna så lätt tolkas såsom beroende på malaria eller andra mer eller mindre kända klimatsjukdomar. Mikroskopisk undersökning af blodet är alldeles nödvändig, och om den icke leder till målet, måste man söka komplettera den medelst inokulationsförsök. Förstorade lymfkörtlar kunna punkteras, såsom ofvan är nämndt. Malariafebern, som i regel har sina temperaturmaxima om morgnarne, påverkas af kinin-intagning, hvilken blir utan all effekt på Trypanosomiasis. Filaria-sjukdom bestämmes medelst mikroskopet. Tachycardi samt växlingar i pulsfrekvensen utan motsvarande temperaturstegringar tala för Trypanosomasjukdom. När i senare stadiet nervsymtomen tillstöta med darrningar, hufvudvärk, somnolens o. s. v., är diagnosen lätt, särdeles inom de angripna områdena. Ett visst beaktande af andra nervlidanden, såsom Beri-beri, Tabes m. m., bör ju ej därföre försummas. Lumbalpunktion och undersökning af cerebrospinalvätskan får vid detta stadium ej underlåtas.

Prognos.

Alla forskare samstämma däri, att sömnsjukan alltid har dödlig utgång. Man kan sålunda endast genom omvårdnad af de sjuka förlänga deras lif och bevara dem för vissa svåra komplikationer.

Huruvida sjukdomen i sitt första stadium är botlig, kan för närvarande ej afgöras. På grund af erfarenheterna från vissa aparter, skulle man kunna förmoda, att det vore möjligt att hos människan häjda sjukdomen så, att blodinfektionen icke öfverginge på de centrala nervdelarna, men denna fråga fordrar omfattande arbeten för sin utredning.

Behandling och profylax.

Såsom lämpliga medel äro föreslagna och använda kinin, järnsalter, arsenikpreparater. Deras verkningar äro åtminstone palliativa. Arsenikbehandlingen har ju i besläktade djursjukdomar visat en viss verksamhet. Olyckan är emellertid, att de erforderliga arsenikdoserna synas öfverstiga den mänskliga organismens tolerans. Kanske torde man, såsom några författare föreslagit, finna bättre uträkning i att använda arseniklösningar i subkutan injektionsform.

All slags serumbehandling har hittills visat sig overksam. Profylaktiska åtgärder bestå dels i allmän personlig hygien, dels i utrotning af flugor och fluglarver, dels i användning af mosquitonät och andra medel för att hålla dem borta, dels slutligen i ett noggrannt val af de sundaste platser för bostäder och läger.

Den energiska verksamhet, som råder på den tropiska patologiens forskningsområde, har på kort tid vunnit glänsande resultat såväl i teoretiskt som praktiskt hänseende. Den kan och bör ej vara alldeles främmande för oss i vår aflägna nord. Den tropiska patologien kompletterar och fördjupar vår uppfattning af sjukdomarnes väsen och orsaker i allmänhet. Vi få ej heller förbise den, då äfven vårt lands barn uppehålla samfärdseln mellan söder och nord, då de faktiskt hemföra hvarjehanda tropiska sjukdomar, som måste rätt inses och tolkas, om återvändandet till hemmets hälsosamma klimat skall bringa dem den bot, som deras i aflägsna land ådragna lidanden kräfva.



Tryckt den 30 januari 1906.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 3. Nr 2.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 18. Nr 2.

TYPHUS-STATISTIK

AUS DEM PROVINZIALKRANKENHAUSE ZU LUND

VON DEN JAHREN 1887—1906

VON

SEVED RIBBING

LUND 1907.
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI.

S. 1—8 dieser Abhandlung begleiteten die Einladungsschrift zur Installation Prof. Axel Kocks als Professor der Nordischen Sprachen an der K. Universität Lund, am 14. Mai 1907.

S. 9 ff. begleiteten die Einladungsschrift zur Installation des Rektors an derselben Universität, am 1. Juni 1907.

Der Typhus abdominalis, Ileotyphus, Febris typhoides, gehört auch in unserem Lande noch immer zu den am meisten verbreiteten Infektionskrankheiten, deren Behandlung und Bekämpfung zu den Hauptaufgaben der Medizin und der Gesundheitspflege zu rechnen sind. Unter den Hospitalsärzten Schwedens sind die Ansichten gewissermassen geteilt betreffs der Frage, ob die Typhuskranken in die allgemeinen Krankenhäuser aufzunehmen sind, oder ob sie in speziellen, nur für epidemische Krankheiten eingerichteten Spitälern gepflegt werden sollen. Die geltenden offiziellen Vorschriften lassen die Frage offen, und verlangen nur, dass hinreichende Vorsichtsmassregeln gegen Verschleppung der Ansteckungsstoffe in den Krankenhäusern getroffen werden. Das Provinzialkrankenhaus zu Lund, welches zugleich die Stellung einer medizinischen Klinik der Universität einnimmt, hat die Typhuskranken niemals abgewiesen. Zur Orientierung über die dortigen Verhältnisse sei auch mitgeteilt, dass die Abteilung für innere Medizin früher wiederum in zwei Abteilungen geschieden war, deren eine der Leitung des Professors der praktischen Medizin, deren andere einem Primararzt unterstellt war, der nicht zugleich als klinischer Lehrer fungierte. Seit dem Jahre 1901 untersteht die ganze interne Abteilung dem klinischen Professor.

Da ich nun seit dem Jahre 1886 an genanntem Krankenhause angestellt bin, schien es mir zweckmässig über die darin behandelten Typhusfälle einiges zu berichten. Bei der Durchforschung der betreffenden Journalbücher nach der Typhusbewegung stellte sich heraus, dass eine Anzahl von 689 Typhuskranken im Laufe der Zeit Aufnahme gefunden hat. Die verschiedenen Jahre bieten was die Häufigkeit der Krankheitsfälle betrifft, ein sehr ungleiches Bild wie sich aus der folgenden Tabelle ergibt:

Tabelle I.

Im	Jahre	1887	kamen	32	Erkrankungen	vor;	davon	starben	5
»	»	1888	»	9	»	»	»	»	1
»	»	1889	»	30	»	»	»	»	0
»	»	1890	»	20	»	»	»	»	2
»	»	1891	»	22	»	»	»	»	1
»	»	1892	»	25	»	»	»	»	3

Im Jahre	1893	kamen	22	Erkrankungen	vor;	davon	starben	3
»	1894	»	14	»	»	»	»	5
»	1895	»	28	»	»	»	»	4
»	1896	»	18	»	»	»	»	1
»	1897	»	30	»	»	»	»	4
»	1898	»	18	»	»	»	»	2
»	1899	»	62	»	»	»	»	8
»	1900	»	58	»	»	»	»	7
»	1901	»	54	»	»	»	»	6
»	1902	»	15	»	»	»	»	0
»	1903	»	15	»	»	»	»	3
»	1904	»	22	»	»	»	»	2
»	1905	»	165	»	»	»	»	27
»	1906	»	30	»	»	»	»	5

1887—1906 kamen also 689 Erkrankungen vor; davon starben 89.

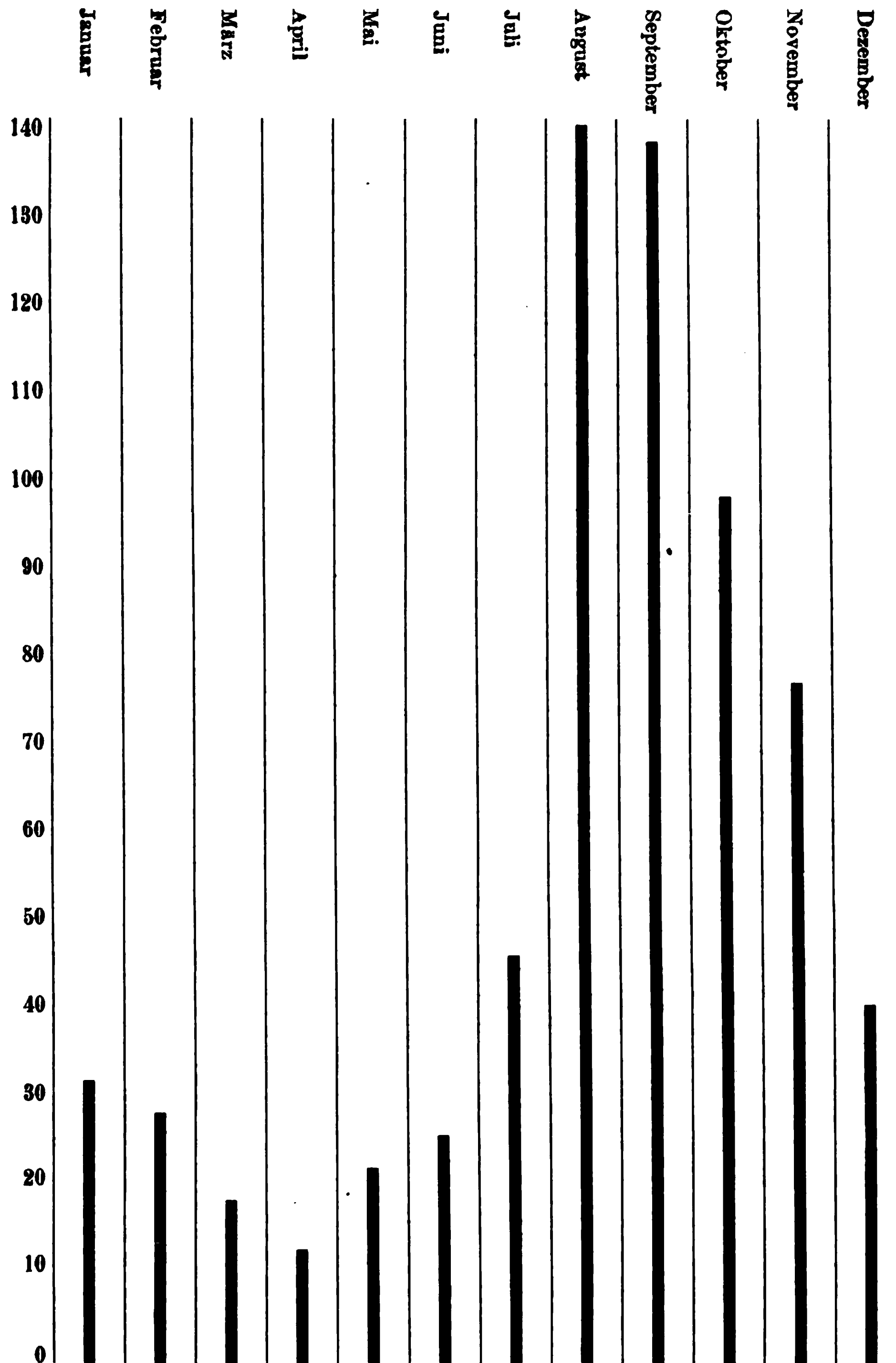
So wie die Krankheitsziffern für die verschiedenen Jahre wechseln, ebenso schwankend verhalten sich auch die Sterblichkeitszahlen. Während in einigen Jahren die Mortalität ziemlich gering war, ist sie in anderen Jahrgängen zu bedeutenden Zahlen gestiegen.

Der Zugang der Kranken verteilte sich folgendermassen auf die einzelnen Monate:

Tabelle I b.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	S:ma
1887	2	3	—	—	1	4	3	3	11	2	2	1	32
1888	—	—	3	—	—	—	—	—	1	2	—	3	9
1889	2	2	—	—	—	2	4	5	6	6	2	1	30
1890	—	—	—	2	2	—	2	2	4	5	2	1	20
1891	2	—	1	—	—	1	—	7	1	1	5	4	22
1892	—	—	—	—	2	—	2	1	5	4	9	2	25
1893	—	—	—	—	3	1	2	2	7	4	2	1	22
1894	1	—	—	—	3	—	1	—	5	1	1	2	14
1895	2	1	1	—	—	3	1	3	2	2	11	2	28
1896	1	4	—	—	—	—	2	1	7	2	—	1	18
1897	4	1	2	—	—	1	7	5	2	5	3	—	30
1898	—	2	4	—	2	1	2	—	—	3	3	1	18
1899	3	2	—	—	3	—	6	8	12	12	12	4	62
1900	3	—	—	—	—	—	3	3	27	8	11	3	58
1901	9	4	3	3	1	1	3	12	11	5	—	2	54
1902	1	1	—	—	2	—	1	1	1	3	4	1	15
1903	1	—	2	2	1	1	2	—	—	4	1	1	15
1904	—	2	2	—	—	3	1	5	4	4	—	1	22
1905	1	1	—	2	3	5	1	80	31	22	10	9	165
1906	—	6	1	4	—	3	5	2	2	4	1	2	30
Summa	32	29	19	13	23	26	48	140	139	99	79	42	689

Noch deutlicher tritt die Verteilung der Fälle auf die einzelnen Monate in folgender Kurve zu Tage, welche die Zugänge der Jahre 1887—1906, monatsweise zusammengezählt, umfasst.



Zu dieser Tabelle und zu dieser Kurve ist eine Erklärung notwendig. Die Kranken sind nach der Zeit des Eintritts in die Hospitalsbehandlung aufgenommen worden. Es könnte möglicherweise rationeller erscheinen sie nach dem Beginn der Erkrankung in die Tabelle einzuzeichnen, wie es von einigen anderen Forschern gemacht worden ist[1]); in vielen Fällen ist aber diese Zeit nicht genau zu ermitteln. Aus gewissen Gründen wäre es auch nicht am wichtigsten gerade diesen Zeitpunkt zu bestimmen, sondern vor allem den Zeitpunkt der Infektion; diese aber ist bei der Verschiedenheit der Inkubationszeit in den einzelnen Epidemien nach der Spitalsaufnahme der Patienten nicht mit hinreichender Genauigkeit festzustellen.

Unsere Kurve zeigt mit der von Berg[2]) mitgeteilten, aus den Jahren 1880 bis 1893 von der Leipziger Klinik stammenden eine grosse Übereinstimmung. Soweit aus der Abhandlung zu beurteilen ist, hat Berg bei Eintragung seiner Fälle in die Tabellen und die Kurven keine Reduktion der Zeit vorgenommen.

Die Verteilung der Fälle über die Monate und Jahreszeiten stimmt mit den Befunden früherer Forscher ganz genau überein. Wie Goth[3]) von Kiel anführt, so ist auch bei uns das spätere Halbjahr ungleich stärker belastet als das frühere. Wir können für die Monate Januar—Juni 142 Fälle, die 20,61 Prozent der Gesamtsumme entsprechen, verzeichnen, während auf die Monate Juli—Dezember 547 Fälle oder 79,39 Proz. kommen. Auf die Monate August und September allein entfallen 279 Fälle d. h. 40,49 Proz. der Totalmenge.

Unsere Kranken kommen teils aus der Stadt Lund teils aus der Provinz; die Stadt ist mit 230 Fällen repräsentiert, die Provinz mit 459. In diese beiden Summen sind doch wahrscheinlich ein paar Fälle miteingerechnet, die Reisende betreffen, die nach stattgehabter Infektion ausserhalb unserer Provinz hier eingetroffen sind und bei uns Krankenhauspflege gesucht haben. Das Verhältnis der in einem Jahre in dem Krankenhause behandelten Typhusfälle und der in der Stadt und der Provinz vorgekommenen Erkrankungen ist gewiss kein konstantes, doch kann der Wechsel in der Krankenhausstatistik als so ziemlich genau die Variation der Typhusmorbilität der Umgebung abspiegelnd angesehen werden.

Die Ätiologie der Erkrankungen liess sich nur bei einer geringeren Zahl der Fälle erklären. Bei 108 Kranken wurde befunden, dass der Typhus in ihrer Familie, in ihrem Wohnhause oder auf dem Hofe (in der Provinz) herrschte. Die hohe Krankheitszahl für das Jahr 1905 lässt sich mit grösster Wahrscheinlichkeit auf Ausbreitung der Ansteckungsstoffe durch eine Meierei zurückführen, doch ist in diesen Fällen die Milchinfektion nicht immer leicht von der Kontaktinfektion zu unterscheiden.

---

[1]) Vergl. z. B. V. Goth: Die Typhusbewegung auf der medizin. Klinik in Kiel etc. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 39. S. 140.

[2]) Ein Beitrag zur Typhusstatistik. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 54. S. 161.

[3]) op. cit.

Was übrigens die Ätiologie anbetrifft, so ist zu bemerken, dass fünf Krankenwärterinnen aus der Provinz als typhusleidend aufgenommen worden sind. Von der drei Kilometer von der Stadt liegenden Landesirrenanstalt sind im Laufe der Jahre zwei männliche Wärter und fünf Wärterinnen hier gepflegt worden. Ob diese alle durch kleinere Hausepidemien in der Irrenanstalt oder auf andere Weise ihre Infektion bekommen haben, muss dahingestellt werden. Wenn wir die Ziffern unserer eigenen Angehörigen durchmustern, finden wir als Patienten verzeichnet vier Candidaten der Medizin, zwölf Wärterinnen oder weibliche Dienstangestellte des Krankenhauses, einen Heizergehülfen, einen Zimmermann. Alle diese Fälle können doch nicht als Krankenhausinfektionen aufgefasst werden. Von den Medizinern hatte sich einer ganz gewiss die Infektion bei einem Besuch bei Angehörigen zugezogen. Ein anderer war als Assistent des pathologischen Instituts tätig und ist wahrscheinlicherweise dort infiziert worden. Von den beiden anderen war einer Praktikant in der Klinik, der andere hatte mehrmals seinen im Krankenhause wegen Typhus abdominalis behandelten Bruder besucht. Die beiden letzten Fälle werden als Typhus domesticus bezeichnet. Von den übrigen im Krankenhause selbst übertragenen Fällen kamen nicht weniger als neun während eines speziellen Auftretens der Krankheit vor. Es war im Spätsommer 1899 nach einer besonders grossen Hitze — das Krankenhaus war übrigens sehr spärlich mit Typhusfällen belegt — als binnen 22 Tagen neun dem Krankenhause angehörige Personen erkrankten, nämlich fünf Wärterinnen, zwei Dienerinnen, der oben genannte Zimmermann und der Heizergehülfe. Die Art ihrer Ansteckung ist ziemlich dunkel. Um eine Wasser- oder Milchinfektion konnte es sich hier nicht handeln. Die Möglichkeit einer Kontaktinfektion kann dagegen nicht mit absoluter Bestimmtheit zurückgewiesen werden, und darum sehe ich mich genötigt diese sämtlichen Fälle einer Spitalinfektion zuzuschreiben. Von unseren übrigen Patienten ist während der betreffenden Beobachtungszeit *kein einziger* mit Typhus infiziert worden. Es bleiben also sechzehn Fälle, die als Typhus domesticus aufzufassen sind, ein Verhältnis, das in Ziffern ausgedrückt sich als ein Prozentsatz von 2,32 % darstellt. Diese Zahl stimmt mit der von Liebermeister für Basel mitgeteilten 2,40 % gut überein. Von neueren Autoren kann man Berg und Goth zitieren, bei denen die betreffenden Zahlen 1,5 % respektive 5,5 % ergeben.

Wiederholte Erkrankung an Typhus ist bei unserem Krankenmaterial mit Sicherheit nur bei einer Patientin festgestellt. Es betraf eine Krankenwärterin von einem naheliegenden Marktflecken, die ihren ersten Typhus in unserem Krankenhause drei Jahre vorher überstanden hatte. Beide Male wurde die Diagnose durch vollständige *Widalsche* Reaktion bestätigt. Mehrmals wurde von den Patienten über eine Typhuserkrankung in den Kinderjahren erzählt, eine solche konnte aber infolge mangelnde Genauigkeit der Beschreibung nicht festgestellt werden. Neuere statistische Berichte von verschiedenen Orten geben für solche wiederholte Erkrankungen bedeutend höhere Zahlen an; in mehreren solchen kommen Prozentziffern von 1,8 %—2,2 % vor. Berg dagegen hat bei seiner grossen Krankenzahl (1626

Personen) nur einen einzigen Fall beobachtet. Möglicherweise hängt diese Verschiedenheit der Angaben davon ab, wie viel Vertrauen der untersuchende Arzt den anamnestischen Berichten der Patienten schenkt.

Das *Alter* übt wie bekannt einen grossen Einfluss auf die Morbilität bei Typhuserkrankungen aus. Die folgende Tabelle 2 zeigt die Verteilung auf die verschiedenen Altersklassen:

Tabelle II.

	Morbilität				Mortalität			
	M.	W.	Summa	In Prozenten der Gesamterkrankungen	M.	W.	Summa	In Prozenten der Erkrankungen der p. p. Altersklasse
Unter 10 Jahren	32	24	56	8,12	6	1	7	12,50
10—15 Jahren	26	28	54	7,83	1	—	1	1,85
15—20 Jahren	75	64	139	20,18	5	7	12	8,63
20—25 Jahren	77	70	147	21,35	7	7	14	9,65
25—30 Jahren	68	48	116	16,83	11	7	18	15,51
30—35 Jahren	39	30	69	10,01	8	4	12	17,34
35—40 Jahren	17	19	36	5,22	5	2	7	19,44
40—50 Jahren	24	20	44	6,39	4	8	12	26,81
50—60 Jahren	11	6	17	2,47	3	1	4	23,41
60—70 Jahren	2	4	6	0,88	1	—	1	16,66
Alter unbekannt	3	2	5	0,72	—	1	1	20,00
	374	315	689	100,00	51	38	89	

Die Verteilung der Fälle auf die verschiedener Altersstufen ist bei uns ungefähr dieselbe wie in den übrigen Ländern Nord- und Mittel-Europas. Im grossen und ganzen stimmt die Alterskurve mit der durch Berg von der Leipziger Klinik mitgeteilten recht gut überein. Kleine Differenzen können meiner geringeren Gesamtsumme zuzuschreiben sein. Bei grösseren Zahlen werden solche Variationen eliminiert.

Der Höhepunkt der Morbilität fällt in die zeit vom 20. bis 25. Lebensjahre.

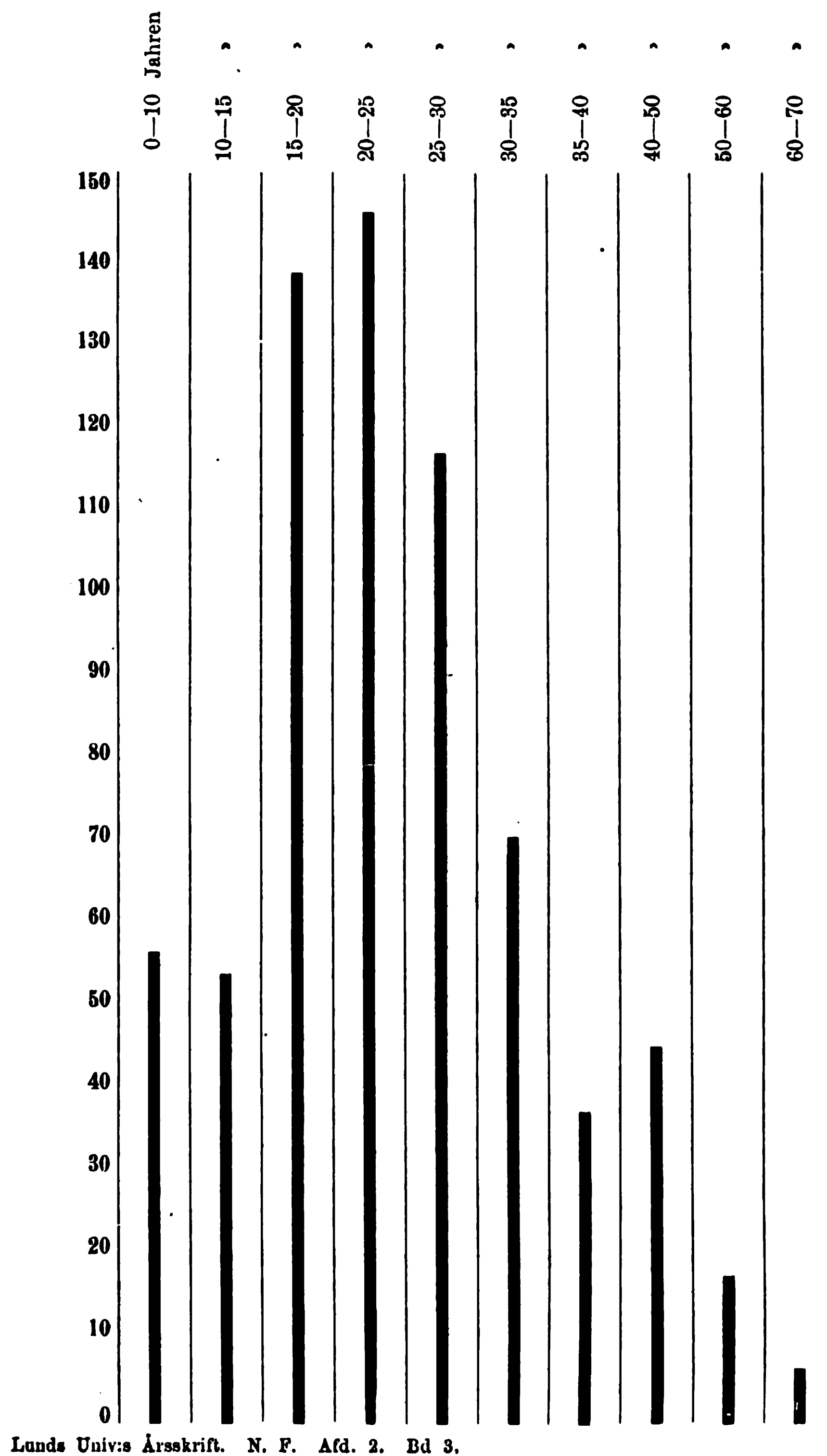
Bei uns ist die Prozentzahl 21,35
» Goth » » » 34,3
» Berg » » » 27,0

Darnach folgt die Fünfjahrperiode vom 15.—20. Lebensjahre

mit der Prozentzahl bei uns 20,18
» » » Goth 20,4
» » » Berg 22,4

Auf das Alter von 15 bis 30 Jahren entfallen bei uns 58,36 % von den sämtlichen Erkrankungen, eine Zahl, welche beweist, dass der Typhus abdominalis

Die Morbilität als Kurve:



vorzugsweise eine Krankheit der kräftigen Jugend und des Mannesalters ist. Die genannten Autoren und ausserdem noch andere haben in ihren statistischen Mitteilungen ein noch grösseres Übergewicht für die angeführten Altersklassen. Die Verschiedenheit kann möglicherweise davon herrühren, dass man bei uns die Kinder wie die Alten mehr ins Krankenhaus sendet. Neben dem Alter übt das Geschlecht einen Einfluss aus. In den meisten Jahrgängen überwiegt die Zahl der männlichen Kranken.

Unsere Zahlen sind:

Männer: 374 = 54,28 Prozent.
Frauen: 315 = 45,72 »

Ein ähnlicher und noch bedeutenderer Unterschied in der Frequenz der Geschlechter wird auch von anderen Forschern angegeben.

Bergs	Statistik	weist	für	Männer 62,2	Prozent	auf.
»	»	»	»	Frauen 37,8	»	»
Liebermeisters	»	»	»	Männer 63,3	»	»
»	»	»	»	Frauen 36,7	»	»
H. Schultz'	»	»	»	Männer 65,5	»	»
»	»	»	»	Frauen 34,5	»	»

Andere Autoren z. B. Murchison und Griesinger geben an, dass beide Geschlechter gleichmässig von Typhus befallen werden und erklären das Überwiegen der Männer in den Krankenhäusern durch den Umstand, dass Frauen leichter in den Familien gepflegt werden können und dass sie nicht so gern wie die Männer die Krankenhäuser aufsuchen [1]).

Was die Mortalität betrifft, so ist schon früher angeführt worden, dass von unseren Kranken 89 starben; die Gesamtmortalität beträgt also 12,91 Prozent. Hierzu ist erstens zu bemerken, dass bei uns alle im Krankenhause eintreffende Todesfälle mitgerechnet sind, auch die Fälle, die fast moribund im Krankenhaus eintrafen. Die Verteilung der Todesfälle nach den Jahrgängen ist in der Tabelle I angegeben, woraus man ersieht, dass die Sterblichkeit bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Eine Berechnung der Prozentziffern für die einzelnen Jahre ist wegen der Geringheit verschiedener Jahressummen nicht vorgenommen worden. Die Mortalität nach dem Alter ist in der Tabelle II mitgeteilt. Aus diesen Berechnungen geht hervor, dass, wenn man von den Kindern unter 10 Jahren absieht, eine stetige Zunahme der Mortalität mit dem höheren Alter stattfindet. Dieselbe Observation findet man in fast allen neueren Statistiken. Früher hat man geglaubt, dass der Typhus bei den Kindern eine relativ geringe Mortalität zeige. Aus

---

[1]) Murchison. Die typhoïden Krankheiten. Deutsch herausgegeben von Zuelzer. Braunschweig 1867. S. 401.

Griesinger. Infektionskrankheiten in Virchows Handb. d. speciellen Pathologie und Therapie. Bd. 2. Abt. 2. Erlangen 1864. S. 154.

unserer Statistik geht das nicht hervor. Nach derselben ist die Mortalität im Kindesalter eben so gross wie in den Altersklassen von 20—25 und 25—30 Jahren zusammengerechnet. Diese Resultate stimmen mit den Angaben von Berg auf das genaueste überein. Goth hat dagegen geringere Zahlen gewonnen. Die Frage der Typhusmortalität ist von gröster Bedeutung nicht nur an und für sich sondern auch, wenn man sie in Verbindung mit den Behandlungsmethoden bringt. Es muss also jeder Spitalarzt, wenn er seine Statistik berechnet, ein besonderes Interesse für die Resultate anderer Forscher haben. Bei genauerem Zusehen findet man hier indessen, dass in einigen Berechnungen die Mortalität nicht nach demselben System berechnet ist. So gibt zum Beispiel Liebermeister in seinen *Vorlesungen* an [1]), dass wenn man nur die ausgebildeten Fälle berücksichtigt und die Grenze etwas so setzt, dass in die Statistik nur die Fälle aufgenommen werden, bei welchen die Temperatur 40° überschritten und das Fieber mindestens eine Dauer von zwanzig Tagen gehabt hat, ausserdem aber alle tödlich verlaufenen Fälle ohne Unterschied, so ergibt sich bei exspektativer Behandlung für die meisten Orte eine Mortalität von 20 Prozent oder mehr.

Eine derartige Berechnung kann man gewiss machen und sie hat auch in der Prognostik ein gewisses Interesse, ist aber für vergleichende Studien über die Typhusmortalität verschiedener Orte nicht anzuwenden. Aus dem reichhaltigen statistischen Material nehme ich darum einige andere Ziffern auf, die zum Vergleich dienen können.

Wir finden so z. B. in den älteren Berichten von Murchison und Griesinger folgende Zahlen.

Murchison hatte im Londoner Fever Hospital eine Mortalität von 18,5 Prozent.
Griesinger » » Züricher » » » » 18,8 »

Der letzere gibt jedoch an die gelinderen Fälle nicht mitgerechnet zu haben.

Da diese Ziffern für unsere Zwecke nicht besonders brauchbar sind, auch nicht von dem Gesichtspunkte aus, dass sie von früheren Zeiten stammen, in denen die Spitalshygiene und die Behandlung nicht dieselben waren wie heute, sind die neueren Angaben als zutreffender zu betrachten. Wir finden also bei Berg eine Mortalität, die mit unserer Beobachtung ziemlich genau übereinstimmt. Er verzeichnet nämlich 12,7 Prozent der Fälle. Von der Rostocker Klinik berichten Rühn und Suckstorff [2]) aus den Jahren 1893—1900 über eine Sterblichkeit von 11,2 Procent. Von anderen Autoren werden geringere Ziffern angeführt, Eichhorst [3]) zum Beispiel hatte bei einer grösseren Epidemie in Zürich im Jahre 1884 eine Mortalität von 9,1 Prozent [4]). Noch geringere Zahlen findet man bei Goth mit 5,1 Prozent Jür-

[1]) Vorlesungen üb. spec. Pathologie und Therapie. I. Leipzig 1885. S. 145.
[2]) Deutsches Archiv für klin. Medizin. Bd 71. S. 324.
[3]) Die auf der medizinischen Klinik angenommenen Patienten hatten doch eine Sterblichkeitsziffer von 13,6 %.
[4]) Deutsches Archiv für klin. Med. Bd 39. s. 271.

GENSEN [1]) gibt an bei besserer Behandlung der Typhusfälle (speziell mit Bädern) eine Mortalität von 7,8 gefunden zu haben und meint, wenn die Kranken früh genug ins Krankenhaus kommen und wenn die Badebehandlung richtig eingeleitet und fortgesetzt wird, die Mortalitätsziffer der Typhuspatienten bis 2—4 % herabdrücken zu können.

Dass die Mortalität je nach dem *Alter* wechselt, ist eine allgemein bekannte Tatsache. Die speziellen Prozentziffern sind in der Tabelle II angegeben und stimmen in ihren Beziehungen zur Gesamtmortalität und zu den Krankenzahlen recht gut mit den von BERG und GOTH mitgeteilten Ziffern überein.

Die Schwankungen der Mortalität in den verschiedenen Jahrgängen findet man in der Tabelle I. Daraus ergibt sich, dass man in einigen Jahrgängen keinen einzigen Todesfall zu verzeichnen hat, und doch haben sich die Krankheitsfälle in diesen Jahren nicht durch einen besonders leichten Typus ausgezeichnet. Solche Schwankungen, wenn auch nicht so bedeutend, sind zum Beispiel von KÜHN und SUCKSTORFF gleichfalls für Rostock mitgeteilt.

Die Mortalität nach dem *Geschlechte* zeigt bei uns dasselbe Überwiegen beim männlichen Geschlechte wie bei einigen neueren Forschern.

Bei uns starben von 374 Männern 51 also = eine Mortalität von 13,63 %
» » » » 315 Frauen 38 » » » » » 12,06 %

Dies stimmt mit den von EICHHORST von der Züricher Klinik mitgeteilten Ziffern gut überein. Er fand bei Männern eine Mortalität von 14,5, bei Frauen eine solche von 12,4 Prozent. Die kleinere Ziffern von GOTH zeigen dasselbe Überwiegen der männlichen Sterblichkeit mit den Zahlen 5,4 Prozent für das männliche, 4,5 für das weibliche Geschlecht.

Andere Autoren haben entgegengesetzte Erfahrungen gemacht.

So	berichtet	BERG	über	eine	Mortalität	der	Männer	von	14,7 %
»	»	»	»	»	»	»	Frauen	»	15,2 %
»	»	LIEBERMEISTER	»	»	»	»	Männer	»	12,0 %
»	»	»	»	»	»	»	Frauen	»	14,8 %
»	»	MURCHISON	»	»	»	»	Männer	»	17,68 %
»	»	»	»	»	»	»	Frauen	»	18,89 %

In Bezug auf die *Dauer* und den Verlauf der Krankheit ist erstens mitzuteilen, dass die weit überwiegende Zahl unserer Kranken in der ersten Krankheitswoche aufgenommen wurden. Nur in wenigen Fällen kamen die Kranken erst nach Verlauf der zweiten Krankheitswoche an. Es hat sich auch hier gezeigt, dass die Prognose bei den in späteren Stadien eingelieferten Kranken sich schlechter gestaltet als bei den zu Beginn der Erkrankung aufgenommenen.

Zur Charakterisierung der *Schwere der Fälle* kann man soweit es möglich ist ihre Dauer und die Temperatur auf dem Höhepunkt der Krankheit angeben.

[1]) Lehrbuch d. spec. Pathologie und Therapie. Leipzig 1902. S. 298.

In Fällen, wo der Anfang sich annähernd bestimmen liess, dauerte die Fieberperiode bis 14 Tage bei 3 Prozent der Kranken, bis 21 Tage bei 14 Prozent, bis 28 Tage bei 25 Prozent, über 28 Tage bei 38 Prozent.

Die Abendtemperatur stieg im Stadium fastigii

über	41°	bei	6,5 %	der	Kranken
»	40°	»	62,4 %	»	»
»	39°	»	30,4 %	»	»
darunter		»	0,7 %	»	»

Der Spitalaufenthalt schwankte zwischen 2 und 212 Tagen und betrug also im Durchschnitt 45 Tage. Wenn man aber die Kranken nicht mit einberechnet, die der Überfüllung wegen in der grossen Epidemie von 1905 vor dem Ablauf ihrer Krankheit in ein von der Stadtverwaltung eingerichtetes, provisorisches Krankenhaus geschickt wurden, kommt auf jeden unserer Patienten eine durchschnittliche Pflegezeit im Krankenhaus von 47,8 Tagen, also ein wenig unter sieben Wochen. Angaben zum Vergleich findet man in den oben angeführten Mitteilungen von Eichhorst und Goth, von denen der erste eine mittlere Behandlungszeit im Krankenhaus von nur 32 Tagen hat, der andere dagegen eine Zeit von 38 Tagen. Da man in unserem Krankenhause keine Neigung zur Zurückbehaltung der Patienten über die absolut notwendige Zeit hat, muss man den Schluss ziehen, dass unsere Fälle von Typhus einen bösartigeren Charakter sowie eine längere Dauer haben.

Wenn man über die Dauer der Typhusfälle redet, kann man die Frage der Nachschübe oder Rekrudeszenzen und der Rezidive nicht aus dem Auge lassen. Diese Fragen lassen sich doch nicht so leicht erledigen, weil die Ansichten über ihre Bedingungen und Symptome noch etwas von einander differieren. Dass Typhuskranke in nahezu allen Stadien der Krankheit an Verschlimmerungen leiden können, die weder auf eine Komplikation noch auf einen Fehler in der Behandlung zurückzuführen sind, darüber ist man vollständig einig. Dagegen herrscht keine vollständige Einigkeit über die Bedeutung der Begriffe »Nachschub» und »Rezidiv» [1]). Die meistens geltende Bezeichnung für den Nachschub ist »ein Wiederansteigen der Temperatur unter erneutem Auftreten von Milzanschwellung und Roseolen in der Rückbildungsperiode». Wenn man alle diese Merkmale für jeden Fall streng forderte, dann hätten wir gewiss nur wenige Fälle von Nachschüben. Erneute Roseolen sind nämlich bei unseren Typhusrekrudeszenzen sehr selten. Das Temperaturansteigen, der Milztumor und der allgemein verschlimmerte Zustand der Patienten zeigen doch zur Genüge, dass ein Wiederaufflackern der Krankheit stattgefunden hat. Wenn wir den Nachschub so charakterisieren können und wenn man dabei keine Forderungen bezüglich einer längeren Dauer des Nachschubs aufstellt, dann können wir den Prozentsatz solcher Erscheinungen in unserem Krankenhause

[1]) Betreffs der reichhaltigen Literatur über diese Frage verweise ich speziell auf die Abhandlungen von Steinthal. Deutsch. Arch. f. klin. Medizin. Bd. 34. S. 357, Ziemssen. Ebendaselbst. S. 375. Schmidt. Dasselbe Archiv. Bd. 54. S. 127, sowie die oben angeführten Abhandlungen von Eichhorst, Berg, Goth u. s. v.

auf 17 % angeben. Wenn sich auch darunter mehrere leichte Fälle befinden, sind eben anderseits in dieselbe Zahl viele von unseren schwersten, tödlich verlaufenden Fällen einzureihen. Die Diagnose solcher erneuten Angriffe des Organismus durch den Infektionsstoff wurde im allgemeinen durch die Sektion bestätigt. Wiederholte Nachschübe sind auch bei uns vorgekommen. Die Rezidive kamen bei ungefähr 11 Prozent unserer Fälle vor. Zu ihnen werden wie üblich nur die febrilen Verschlimmerungen mitgerechnet, die nach einem kürzeren oder längeren apyretischen Stadium eintreffen. Sie zeichneten sich aus bisweilen durch Initialfrost oder Frösteln, öfters aber durch eine regelmässige Staffelform des Fieberanstiegs. Die Höhe und Dauer des Fiebers befanden wir — wie Ziemssen — in der Mehrzahl der Fälle geringer, den Typus der Kurve stärker remittierend als bei dem Haupttyphus.

Die Dauer der Fieberpause zwischen Primärkrankheit und Rezidiv war verschieden. Bei uns waren Fälle mit nur einem fieberfreien Tag sehr selten. Auch darin können wir Ziemssen beistimmen, dass die Nachschübe prognostisch schlimmere Aussichten gaben als die Rezidive.

Was nun *Komplikationen* anbetrifft, so sind erstens diejenigen, die sich vom Nervensystem herleiten, anzuführen. Von solchen haben wir nur zu verzeichnen je einen Fall von *Hysterie* und *Epilepsie;* der letztere bestand wahrscheinlich bereits vor der Typhuserkrankung. Als direkte Folgen der Krankheit sind zwei Fälle von *Neuritis ischiadica*, ein Fall von multiplen, peripherischen *Paresen* zusammen mit einer *Herabsetzung der Intelligenz* und zwei Fälle von *Neurasthenie* zu bezeichnen.

Seitens der Atmungsorgane wären 13 Fälle von *Pneumonia fibrinosa,* zwei Fälle von *Pleuritis serosa,* ein Fall von *Empyema* zusammen mit *Gangræn* eines Lungenlappens (geheilt) und ein Fall von *Peripleuritis suppurativa* als die hauptsächligsten Komplikationen anzugeben. Schwerere doppelseitige *Bronchopneumonien* kamen in sechs Fällen vor, heftige, quälende *Bronchitis* in drei Fällen, *Laryngitis* in einem Falle und *Oedema glottidis* in einem. Leichtere *Bronchitiden* waren ja ziemlich allgemein; die *Bronchopneumonien* von geringerer Umfassung kamen auch öfters vor, *Hypostasen* der Lungen in schwereren, besonders in vielen von den tödlich verlaufenden Fällen. Nach Ablauf des Typhus konnte man in zwei Fällen eine beginnende *Tuberculose* der Lungen konstatieren.

Als Komplikationen von der Seite des Digestionstractus fanden wir zwei Fälle von schwererer *Angina tonsillaris* und ebenso zwei Fälle von *Cholecystitis.* In einigen Epidemien sahen wir auch recht oft mehr oder weniger ausgeprägte *Dilatationen des Magens,* die die Kranken sehr quälten und die durch Ausspülung behandelt wurden. Die *Peritonitis perforativa* wurde in neun tödlich verlaufenden Fällen wahrgenommen, ihr Prozentsatz beträgt demnach ungefähr 1,3 %, eine Ziffer, die etwas niedriger ist als bei den meisten neueren Autoren.

Darmblutungen von geringerer Menge waren nicht ganz selten, doch wechselnd in den verschiedenen Jahrgängen. Als tödlich verlaufende Komplikationen dieser

Art sind acht Fälle zu notieren. Einmal ist *Enterocolitis* beobachtet worden, fünf Mal kamen doppelseitige eitrige *Parotididen* vor.

Was die Kreislaufsorgane betrifft, sind zwei Fälle von organischen *Klappenfehlern* vorgekommen; diese bestanden wahrscheinlich vor der Typhuserkrankung. In einem Falle sahen wir *Embolie* der Arteria pulmonalis, in 12 Fällen (1,7 %) *Thrombose* von Venen der Beine.

Betreffs Komplikationen seitens der Harnorgane ist zu bemerken, dass febrile *Albuminurie* sehr allgemein vorkam. In einigen Jahrgängen wurde sie in keinem Falle vermisst. Eine eigentliche *Nephritis* ist dagegen nur in einem Falle notiert; *Cystitis* ebenso in einem.

Als *Gravidæ* traten zwei Patientinnen ein; bei der einem kam es zum Abortus.

Unter sonstigen Komplikationen haben wir folgende anzugeben. *Otitis externa* zwei Fälle, *Otitis media suppurrativa* vier, *Erysipelas faciei* einmal, *Influensa epidemica* zweimal, *Diphterie* dreimal, *eitrige Prozesse* viermal, *Gelenkaffektionen* dreimal, *Herpes labialis* einmal. Über die Zeit des tödlichen Ausgangs sind folgende Daten mitzuteilen. Von den 89 Todesfällen trafen ein:

in der zweiten Krankheitswoche	21
» » dritten »	31
» » vierten »	23
» » fünften »	4
» » sechsten »	2
» » siebenten »	2
» » achten »	3
» » elften »	1
in unbestimmbarer Periode	2
Summa	89

Was die *Therapie* anbetrifft, kann sie als eine hygienisch-symptomatische bezeichnet werden. Eine streng nach den *Brandschen* Grundsätzen geleitete Badebehandlung ist eigentlich nicht zur Anwendung gekommen. In schwereren Fällen wurden doch mit gutem Erfolg kalte oder laue Bäder gegeben. Eine modifizierte Kaltwasserbehandlung in Form von Abwaschungen, Umschlägen, Einwickelungen wurde doch in fast allen Fällen benutzt.

Die Antipyretica *Chinin*, *Antipyrin*, *Pyramidon* u. s. w. wurden in vielen Fällen, oft mit Vorteil, und ohne dass jemals unangenehme Folgen aufgetreten wären, verabreicht.

Zu Herztonicis und anderen Stimulantien musste natürlicherweise oft gegriffen werden.



LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 3. Nr 3.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 18. Nr 3.

STUDIER

ÖFVER

NISSANS HYDROGRAFI

(MED NITTON FIGURER I ELLER EFTER TEXTEN)

AF

ANDERS HENNIG



LUND 1907
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Öfversikt öfver innehållet.

1. Geografisk öfversikt.

Nissan upprinner Ö. om Angerdshestra kyrka i Jönköpings län, vid Säfdabo på 278, vid Tubbebo på 290 m. öfver hafsytans nivå, går härifrån först i N. och NV. upp till trakten af Jära i Mulseryds socken för att där böja om och slå in på den hufvudriktning i SSV. och SV., som den sedermera bibehåller under fortsättningen af sitt lopp.

Af tillflöden behöfva endast nämnas Öster- och Vesteråarna, som, kommande från sjöarna i Bosebo och Våthult, löpa parallellt med hvarandra och med hufvudån under ungefär 45 kilom., hvarefter de, vid Kinnared förenade till en stam, 9 kilom. längre mot S., vid Torup, infalla i Nissan.

Flodens verkliga längd från källorna till hafvet belöper sig ensamt för hufvudfåran till 170 kilom. med ett fall från 280 till 0 m.; detta ger en medellutning af 1 : 600. Lutningen växlar dock betydligt, och med denna som indelningsgrund kan man också för Nissan särskilja tre, här dock synnerligen väl markerade afdelningar (se fig. 3, sid. 14). 1) *Det öfre loppet*, från källorna mot NV. till flodkröken strax NV. om Jära, eller tillsammans 15 kilom., med en totalsänkning af 80 m. eller 1 : 187. 2) *Det mellersta loppet*, från Jära till St. Rya, 90 kilom., under en sänkning på 70 m. eller 1 : 1300. 3) *Det nedre loppet*, nedanför St. Rya till kusten, 65 kilom., med en sänkning på 130 m., 1 : 500. Det starkaste fallet träffas således inom källområdet och inom det nedre loppet; inom mellanloppet är lutningen mera svag. De mest betydande forsarna och fallen finnas inom det nedre loppet, vid Johansfors och Oskarström; också inom mellanloppet med dess ganska jämna sluttning finnas emellertid starka forsar, t. ex. Nissafors, Gyllenfors, Ågårdsforsar o. s. v.

Nissans dräneringsområde är inskjutet emellan Lagans och Ätrans, bildande en i NO.—SV. sig sträckande ganska jämnbred area af 26 kilom. medelbredd och 150 kilom. längd, från 57° 45′ i N. till 56° 40′ i S., starkt afsmalnande mot båda ändarna, särskildt mot den södra, så att den under de sista 35 kilom. har en medelbredd af ungefär 10—12 kilom., slutligen utkilande i en smal spets. Här, som också annars på Sveriges västkust, löpa de egentliga kustfloderna direkt till hafvet.

Dräneringsareans ytinnehåll är förut [1]) beräknadt till 2,670 kv.-kilom. eller enligt Vattenfallskommittén till 2,700 kv.-kilom. [2]) Jag har vid min plani-

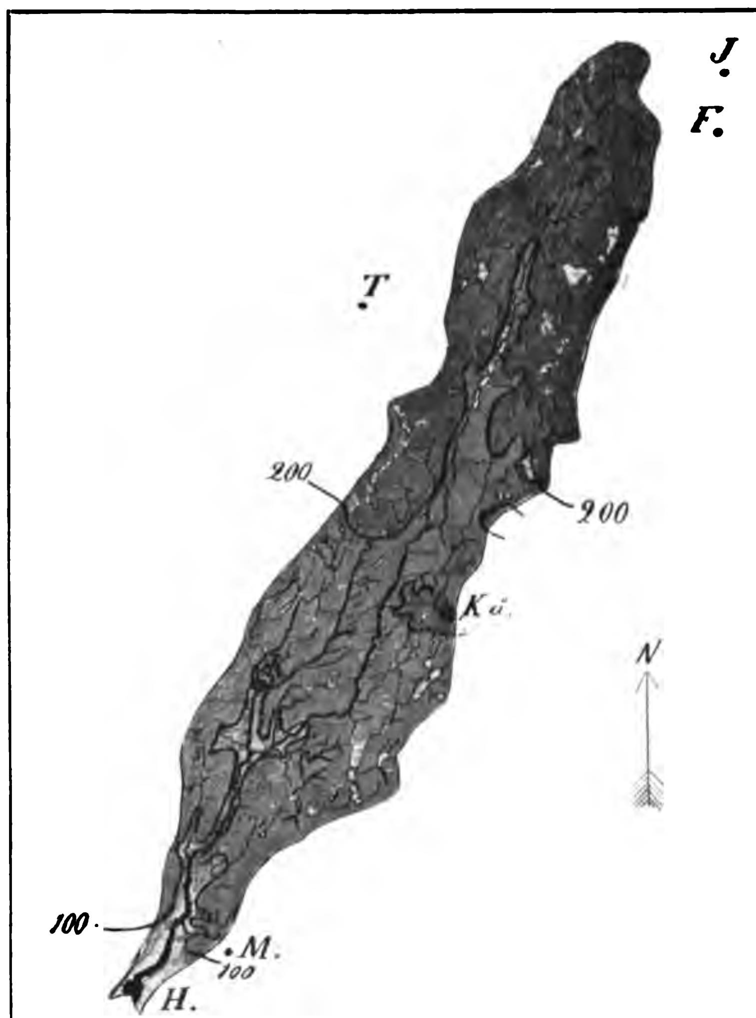


Fig. 1. Kartskiss öfver Nissans dräneringsområde i 1 : 1,000,000. Kurvorna ange höjden ö. n. n. i meter. 200-meters kurvan går i verkligheten längre upp mot N., än som kunnat på kartan utmärkas; detta dock endast i närmaste närhet af själfva flodfåran (jmfr fig. 3, här nedan). H=Halmstad, M=Marbäck, K=Kinnared, Kå=Kållerstad, T=Tranemo, R=Röksberg, F=Flahult, J=Jönköping. Dessa platser utmärka de nederbördsstationer, hvilkas observationer användts i och för denna afhandling.

metriska uppmätning af areans storlek kommit till en siffra, som är obetydligt lägre än föregående beräkningars, 2,460 kv.-kilometer. Af dessa ligga 1,065

---

[1]) O. Appelberg. Bidrag till kännedomen om den i Sveriges vattendrag framrinnande vattenmängden. Ingeniörsfören. Förhandl., Årg. 21, sid. 126.

[2]) Vattenfallskommitténs betänkande af den 17 mars 1903, II, sid. 500.

kv.-kilom. på mer än 200 m. höjd öfver hafsytan, 1,195 kv.-kilom. på en höjd emellan 200 och 100 m. samt 200 kv.-kilom. på nedre delen af dräneringsområdet i fråga, lägre än 100 m. öfver hafsytans nivå.

Enligt O. Appelberg[1]) utgöras 5 % af området af odlad jord, 13.9 % af naturlig äng, 77.1 % af skogsmarker och 3.7 % af sjöar.

Vid här gjorda beräkningar öfver afrinningens storlek har af dräneringsområdet endast den del medtagits, som ligger ofvanför Oskarström; detta på den grund, att de afrinnande vattenmassorna uppmätts vid nämnda anläggning och ej vid flodens utlopp, hvilket gör en minskning i dräneringsareans storlek med 200 kv.-kilom.; den vid beräkningarna ifrågakommande arean är således 2,260 kv.-kilom.

2. Områdets geologiska byggnad.

Nissaåns dalgång är en ren erosionsdal, utskulpterad af vatten dels i den fasta berggrunden men också i glaciala och postglaciala aflagringar; några lokala, tektoniska störningar af förut bestående förhållanden synas ej haft något inflytande på dalgångens uppkomst.

Berggrunden utgöres af mer eller mindre tydligt parallellstruerade gneisgraniter, af den typ, som i Sverige går under sammelnamnet järngneis. Under detta namn har man emellertid sammanfört en mängd olika bergartsvarieteter, graniter af mycket olika kemisk och således också olika mineralogisk sammansättning. Alla dessa varieteter ha dock en gemensam karaktär; de ha undergått en omkristallisering, som, oftast af alldeles genomgripande art, stundom likväl lämnat vissa partier så pass oberörda, att den ursprungliga granitstrukturen ännu kan spåras.

I det rent yttre visar sig omkristalliseringen såsom en parallellstruktur eller, om man så vill, bergarten blir strimmig af omväxlande bredare, ljusa, och smalare, mörka, zoner; de ljusa bestående hufvudsakligen af fältspater och kvarts, de mörka af biotit och järnmalmkorn samt möjligen för handen varande hornblände.

Strimmigheten är mindre jämnt utbildad hos bergarterna inom »järngneis»-områdets östra partier än inom dess centrala. Fastän således redan inom de sist nämnda i den väl parallellstruerade gneisgraniten uppträda smärre öar af riktningslöst struerade graniter, äro dessa vanligast inom de östra delarna. Inom Nissans dräneringsområde träffas graniter hufvudsakligen i de öfre, längst österpå belägna områdena, dessutom också inom dess mellersta och nedre partier (Isaberg och Nissafors, hällarna vid Torup o. s. v.). Dräneringsareans hufvudbergart är emellertid den strimmiga gneisgraniten.

I denna ljusa bergart ligger inlagrad en annan, mörkt grön eller svart, en oftast granatförande augitamfibolit eller på sina ställen en ren amfibolit, som, om

[1]) loc. cit.

den är skiffrig, kan kallas dioritskiffer. Denna bergart uppträder t. ex. vid Storsjön i Långaryds socken, S. om Ekhult-sjön, i Hestra strax vid Hvita-ån o. s. v., öfverallt bildande liksom lager eller oregelbundna körtlar i gneisgraniten, i detalj följande ändringarna i dennas strykningsriktning.

Denna hornbländebergart är, såsom jag i ett annat arbete utförligare visar, ursprungligen en augitbergart, en diabas eller gabbro, som genomsatte den redan stelnade graniten, och som sedermera deltagit i dennas metamorfoser, framkallade af bergskedjeveckning.

Mot atmosfäriliernas angrepp visar sig denna mörka, basiska bergart i a. mindre motståndskraftig än omgifvande graniter. Dess granater bli omvandlade till en lös klorit eller glimmer, dess magnetitkorn bli till rost, dess fältspat får förklyftningar; med ett ord bergarten blir lucker, smulas lätt sönder och ger, därigenom att dess förvittringsprodukter bortföras, upphof till små sänkor, längs hvilka det rinnande vattnet börjar sin eroderande verksamhet. I många fall således komma floddalarna att följa just de här omnämnda mörka, amfibolitiska inlagringarna och med detsamma också gneisgranitens allmänna strykningsriktning.

För Nissadalens vidkommande är denna strykningsriktning mycket växlande I de nordligare delarna är strykningen NNO.—SSV. eller N.—S.; inom de mellersta delarna böjer den af från nyss nämnda N.—S. riktning och blir mera O.—V.; inom de nedre delarna af dalen blir den starkt slingrande och oregelbunden med hufvudriktning från O. eller SO. mot NV. eller N. Nissan, som således i sina öfre partier synes följa strykningsriktningen, går i det mellersta snedt öfver denna för att i sitt nedre lopp öfvertvära densamma under nästan rät vinkel.

Under den långa tidrymden från silurperiodens slut hade de mot samma mål arbetande, förvittrande och eroderande krafterna vid istidens början hunnit bortskaffa från Nissans dräneringsområde allt, hvad af kambrium-silur här en gång funnits; de hade vidare hunnit utgräfva Nissans hufvuddal och afleda till densamma en mängd sidodalar, därigenom skapande dess, i stort sedt, väl begränsade dräneringsområde.

I de öfre delarna af loppet är isräfflornas riktning växlande emellan N5°O., och N20°O., i de mellersta är deras hufvudriktning N12°O., i de nedre växlande emellan N15°O. och N46°O.

Som vi häraf finna, härskar en fullständig öfverensstämmelse emellan isens rörelseriktning och riktningen af Nissans floddal. Landisen följde här den preglaciala fördjupningen, ränsade upp densamma från den *ur,* det förvittringsmaterial, som belamrade dess botten och sidor, angrep en del ojämnheter i dalformen, afnötande, afskurande desamma. Isens erosion, huru betydelsefull den än var för vissa detaljer i dalens utseende, kan emellertid ingalunda jämföras med hvad de preglaciala, rinnande vattnen åstadkommit.

När landisen afsmälte, aflastades dess moränmaterial, bildande dräneringsområdets vanliga morängrus. Längs Nissans hufvuddal däremot, liksom längs en del

af bidalarna, påverkade den här i isen framrinnande smältvattensfloden det moränmaterial, som kom inom räckhåll för densamma, utvaskande det fina slammet under afnötande af sanden, gruset och blocken och så omvandlande morängruset till ett rullstensgrus, som aflastades på större eller mindre afstånd från glaciärporten, utfyllande Nissadalen.

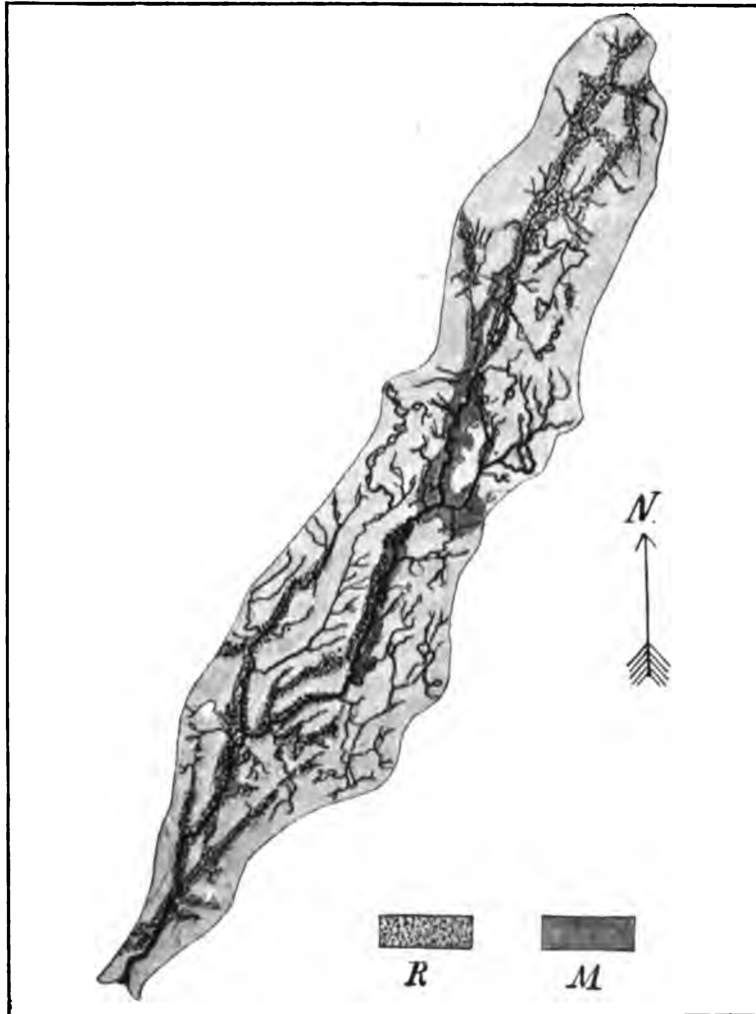


Fig. 2. Kartskiss öfver Nissans rullstensåsar, R, och mosand, M; 1 : 1,000,000.

Bildningens hela ytutseende och byggnad antyder, att aflastningen af rullstensmaterialet utanför glaciärporten i a. ej ägde rum i någon sjö eller något haf af mera betydande djup. »Åsen» är nämligen vanligtvis sammansatt af flera parallella, längre eller kortare åsryggar; stundom utbreder den sig till verkliga rullstensfält med åsgropar af ända till 30 meters genomskärning och med uppstickande oregelbundna åskullar eller kortare åsryggar.

Om således Nissa-åsen i det stora hela är bildad såsom en fluvioglacial afsättning på land, antager den likväl någon gång ytformer, som bevisa den vara afsatt i vatten, omedelbart utanför glaciärporten eller i densamma. Villkoren för en sådan bildning inträda, om glaciärens nedra ända och med den glaciärporten ligga under ytan af ett framför isranden utbredt ishaf eller en issjö. Sådana partier af åsen träffas inom kuststräckan NNO. och NO. om Halmstad men kunna också inskjuta sig inom de högre partiernas vanligen på land aflagrade åssträckor, här förmodligen afsatta i framför isranden belägna issjöar.

Åsmaterialet utgöres stundom, särskildt i de mera utbredda fälten, af sand med enstaka rundade block eller mindre gruskorn; stundom däremot af stridt grus, groft grus eller större stenar.

Såsom samtidiga med eller yngre än de nämnda fluvioglaciala aflagringarna uppträda ler- och sandbildningar, afsatta i en vattensamling på något afstånd från isranden, antingen direkt ditförda af glaciärfloden eller också utsköljda ur redan aflagrade åsbildningar.

Leran är af två slag. Den ena, hvars ålder kunnat fastställas, är en hvarfvig, glacial *Yoldia*-lera. Denna förekommer inom de lägre delarna af Nissans dalgång så högt upp som till Drared (42 m. öfver hafvet). Också den andra, hvars ålder man i saknad af fossil från densamma ej kunnat fastställa, är hvarfvig, bestående af omväxlande sand- och lerlager samt förmodligen supramarin, afsatt af glaciärslam på bottnen af isolerade vattensamlingar och förekommande på skilda ställen inom Nissadalen ända upp till 208 m. öfver hafsytans nivå.

Leran är endast fläckvis blottad; vanligtvis är den täckt af yngre, postglacial sand, s. k. mosand, hvilken åtminstone i ytan på stora sträckor af dalen träder i stället för rullstensåsen. Ett stort sådant mosandfält sträcker sig med en längd af 25 kilom. och en bredd af ända till 10 kilom. från Källeryd i N. till Villstad i S. Materialet i dessa fält utgöres af en fin mjäla eller mosand, antagligen utsköljd ur rullstensbildningen och delvis åter aflagrad på denna.

Ännu en sand måste i detta sammanhang omnämnas. Nissan angriper sin glaciala eller postglaciala bädd, underminerande, lösrifvande. Det lösgjorda materialet nedföres af floden till relativt lugnvatten, här afsättande sig till mer eller mindre finkorniga svämsandbildningar. Hufvudsakligen förekommande i nedre delen af dalen, sträckan Halmstad—Johansfors, träffas sådan svämsand också inom dalens högre belägna partier.

3. Nederbörd.

Som bekant samlar sedan många år tillbaka Meteorologiska Centralanstalten i Stockholm siffror angående nederbördens storlek från en mängd olika stationer inom riket och sammanställer dessa siffror, sedan de vederbörligen hopsummerats,

i månatligen utkommande redogörelser.[1] Vid föreliggande bearbetning använde jag mig för beräkning af nederbördsmängden inom Nissans dräneringsområde af dessa tabeller. Endast för ett par speciella frågor behöfde jag uppgifter angående den dagliga nederbördsmängden och har för desamma anlitat dels de af observatörerna i Marbäck, Halmstad och Kinnared förda originalanteckningarna, dels utdrag ur Meteorologiska Centralanstaltens journaler.

Skulle min beräkning afsett t. ex. perioden 1891—1900, hade nederbördsstationernas antal och fördelning knappast lämnat något öfrigt att önska. Under längre eller kortare delar af nämnda period funnos nämligen förutom de ännu i verksamhet varande Halmstad (3.5 m. ö. normalnoll) och Kinnared (89.28 m. ö. n. n.) nederbördsstationer också i Refteled (156.14 m. ö. n. n.), Gislaved (174.5 m. ö. n. n.), Hagelstorp (213.77 m. ö. n. n.), Bonstorp (270 m. ö. n. n,), Stengårdshult (270.3 m. ö. n. n.) och Röksberg (236.3 m. ö. n. n.), således snart sagdt, på alla de höjdlägen Nissaån passerar och i någorlunda jämn fördelning öfver dess dräneringsområde. För nämnda period kan således en beräkning af nederbördsmängden inom området utföras ytterst lätt och lämna synnerligen tillförlitliga resultat.

För den period, föreliggande undersökning omfattar, ställa sig utsikterna att med så minutiös noggrannhet uträkna nederbördsmängden något mindre säkra, beroende därpå, att det stora flertalet af nyss nämnda stationer ej längre äro i verksamhet, och att de ej heller ersatts af andra vikarierande sådana. Emellertid ha en del nya stationer dels inom Nissans eget område dels i dettas omedelbara närhet tillkommit, hvadan äfven för perioden 1897—1906, under de ändrade förhållandena, nederbördens storlek kunnat beräknas om ej så direkt som för föregående period så dock med fullt tillräcklig noggrannhet och tillförlitlighet.

Den lucka i det direkta observationsmaterialet, som här återstår att fylla, finnes framför allt inom de högre belägna delarna af dräneringsområdet, högre än 160 m. öfver normalnoll, beroende på att här f. n. ej finnas några observerande nederbördsstationer. För dessa områden måste siffervärden tagas antingen direkt från stationer tillhörande angränsande flodområden, Ätrans och Lagans, eller också från en numera nedlagd station, Röksberg, belägen inom Nissans område.

För Röksberg äro värdena beräknade ur förhållandet mellan de under perioden 1887—96 från Röksberg och från Jönköping erhållna värdena, omräknadt på de vid Jönköping under 10-års-perioden 1897—1906 observerade nederbördsmängderna. Enligt mina beräkningar var nederbörden vid Röksberg så godt som konstant för årets alla månader något större än vid Jönköping; $R : J = 1.18 : 1$.

Uppe på höjderna vid Taberg, strax V. om Barnarp och således omedelbart Ö. om Nissans källområde, har under de sista åren, fr. o. m. 1902, en ny nederbördsstation, Flahult (257.11 m. ö. n. n.), trädt i verksamhet. Ehuru denna station är så ny, har jag likväl, då dess läge gjorde densamma synnerligen viktig, i min slutliga beräkning öfver dräneringsområdets nederbördsmängd tagit vederbörlig hänsyn till densamma. Detta kunde göras med så mycket större skäl, som dess

[1] H. E. HAMBERG, Månadsöfversikt öfver väderleken i Sverige.

nederbördsmängd för de observerade fem årens månader var mycket konstant i förhållande till den vid Jönköping och Tranemo under samma tid annoterade, F : J = 1.3 : 1; ur detta förhållande har jag beräknat och i den slutliga nederbördstabellen infört värden för Flahult också för de fem första åren af här behandlade 10-års-period.

En annan station, som syntes mig ligga väl till för att lämna interpolationsvärden för de mellersta delarna af Nissans dräneringsarea, är Tranemo, eller, som den förut kallades, Gudarp, belägen 162.30 m. öfver normalnoll, inom Ätrans område men endast 12 kilometer V. om Nissa-områdets västgräns. Från denna station föreligga regelbundna nederbördsobservationer sedan år 1900. För de första tre åren af 10-års-perioden 1897—1906 ha värdena för Tranemo interpolerats från den 15 kilom. längre västerut belägna nederbördsstationen Axelfors ur förhållandet Tranemo: Axelfors = 0.86 : 1.

I st. f. den gamla stationen Refteled har Kållerstad tillkommit, belägen på samma höjd som denna, 156 m. ö. n. n., men något ostligare, vid vattendelaren emellan Nissan och Lagan.

För de lägre delarna af Nissans uppsamlingsarea tillkom år 1897 stationen Marbäck, som sedermera regelbundet lämnat observationssiffror. Marbäck ligger 58 m. ö. n. n., endast 1.5 kilom. Ö. om Nissaområdets ostgräns och kan således i och för nederbördsberäkningarna utan vidare anses tillhöra detta.

De nederbördsstationer, som således kunna räknas till Nissans dräneringsområde, och som under sist förflutna tioårsperiod lämnat direkt användbara nederbördssiffror, äro Halmstad, Marbäck, Kinnared och Kållerstad. I beräkningen öfver nederbördsmängden för hela området ha dessutom användts interpolerade värden från Röksberg samt direkta, jämte interpolerade, från de något utanför Nissans egentliga dräneringsområde belägna Tranemo och Flahult. Indirekt ha för denna beräkning äfven värdena för Jönköping och Axelfors användts.

Granskar man de olika stationernas månadstal för något år, finner man snart, att dessas inbördes storlek växlar för de olika månaderna. Stundom äro de alla af ungefär samma storlek, stundom äro de störst för Halmstad och sedermera regelbundet aftagande för de högre belägna stationerna; det vanligaste är emellertid att nederbördsmängden i Halmstad är mindre än i Marbäck, den i Marbäck större än i Kinnared, den i Kinnared större än i Kållerstad o. s. v., så att de högst belägna stationernas nederbördsmängd blir mindre än den vid hafsytan belägnas, Halmstads.

Såsom exempel, illustrerande det sagda, anför jag (tab. *A*) år 1906.

Tab. A.

	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	S:ma
Halmstad............	70.7	33.7	43.5	20.5	43.2	29.6	73.8	70.7	19.4	27.7	92.9	51.3	577.0
Marbäck	92.0	40.4	58.1	22.1	73.1	24.4	78.9	74.9	31.2	36.0	117.9	60.1	709.1
Kinnared............	71.9	32.4	50.9	31.4	57.9	28.5	73.4	79.4	33.0	48.6	83.6	80.2	671.2
Kållerstad	77.0	38.9	39.8	32.0	37.8	32.4	64.8	99.6	21.3	50.8	80.9	42.5	617.8
Tranemo	90.0	31.2	32.3	44.2	54.9	29.0	64.0	77.5	22.1	65.7	79.5	48.3	638.7
Flahult...............	44.9	12.1	20.1	34.0	43.5	31.4	64.4	128.3	12.0	43.1	78.4	40.1	552.8

Tab. A, angifvande nederbörden i mm. för de olika månaderna af år 1906.

Då det som bekant är en massa olika, delvis rent tillfälliga och lokala förhållanden, som inverka på nederbördsmängdens växlande storlek på olika platser, faktorer som till stor del ännu undandraga sig all kontroll, torde det vara fruktlöst att söka en allmängiltig förklaring till de omnämnda växlingarna.

H. E. Hamberg förklarar[1]) det växlande inbördes förhållandet emellan nederbörden vid Stum och vid Kinnared såsom beroende på vindriktningens växlingar. För att efterse, om samma faktor varit den bestämmande också för stationerna Halmstads och Marbäcks relativa nederbördsmängder, har jag gjort en undersökning angående vindriktningen under de olika nederbördsdagarna år 1906. Såsom landvindar räknas NV., N., NO., O. och SO. (med SSO.); såsom hafsvindar S., SV. (med SSV.) och V. (med VSV. och VNV.).

Tab. B.

Vindriktning	Nederbörd i mm. vid Halmstad	Nederbörd i mm. vid Marbäck	H : M.	Antal observationer
NV, N	42.6	56.1	76 : 100	12
NO, O	109.3	84.4	130 : 100	34
SO (SSO)	60.8	90.3	67 : 100	16
S	38.4	48,0	80 : 100	14
SV (SSV)	179.8	197.4	91 : 100	40
V(VSV, VNV)	110.6	211.2	52 : 100	35

Tab. B, angifvande nederbördsmängdernas olikhet vid Halmstad och vid Marbäck under olika vindriktning; år 1906.

Af denna tabell framgår, att år 1906

vid landvindar nederbörden vid Halmstad : nederbörden vid Marbäck = 91 : 100,

» hafsvindar » » » : » » » = 74 : 100.

Hafsvindarna från SV. och V., som medföra betydligt mera fuktighet än landvindarna, stryka fram öfver Halmstad mot Marbäck. Vid de bakom Halmstad liggande höjderna, vid Marbäck, tvingas vindarna att stiga uppåt; det är således först här, som de plötsligt afkylas under daggpunkten, afgifvande en stor

[1]) Om skogarnas inflyt. på Sveriges klimat, IV, Nederbörd, Bihang Domänstyr. Berätt. rör. Skogsväs. år 1895, sid. 42.

del af sin fuktighet under form af nederbörd. Denna första aftappning gör, att vindarna, när de vidare fortsätta uppför den svagt mot hafvet sluttande platån, ej längre ha sådant öfverflöd på fuktighet, att utfällningen på en gång blir så stark som vid den första afkylningen, helst som denna fortsatta afkylning vid den långsamma stigningen ej blir så plötslig som vid Marbäckshöjden.

Med det anförda har jag endast velat påpeka en af de faktorer, som betinga den egendomliga fördelningen af nederbördsmängden inom Nissaområdet, och, jag vågar tillägga, en hufvudfaktor: vindriktningen jämte de olika områdenas afstånd från kusten och höjd öfver hafvet.

Tabell C.

	Breddgrad	Höjd i m. öfver normalnoll	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	S:ma.
Halmstad	56°40′	3.50	46	37*	45	42	43	46	64	104	62	62	47	57	655
Marbäck	56°42′	58.00	59	45*	51	50	55	61	83	122	76	78	59	74	813
Kinnared	57° 2′	89.28	57	40*	52	54	51	63	66	113	68	78	59	79	780
Kållerstad......	57° 6′	156.86	48	40*	44	48	45	59	73	109	69	60	52	63	711
Tranemo	57°29′	162.30	57	43*	44	53	43	51	59	114	56	83	47	56	706
Flahult	57°34′	257.11	32	22*	27	34	43	57	67	118	49	67	34	29	579*

Tab. C, angifvande månadsmedeltalen för nederbördsmängden under 10-årsperioden 1897—1906. Stationerna Halmstad, Marbäck, Kinnared och Kållerstad ange medeltalen för hela 10-årsperioden; Tranemo för 7 år och Flahult för 5 år af densamma.

En sammanställning af månadsmedelvärdenas summor från samma stationer, men med medeltalen refererande sig endast till de för alla stationerna gemensamma sista 5 åren, ger ungefär samma relativa värden som tabell *C*.

Halmstad	599	mm.
Marbäck..	772	»
Kinnared	759	»
Kållerstad	675	»
Tranemo	707	»
Flahult	579*	»

Tabellen *C* visar utan undantag alla stationernas maxima bundna vid augusti och minima vid februari; för Tranemo synas två minima existera, ett i februari och ett i maj. Egentligen och strängt taget finnes dock endast ett, i februari; denna månads 43 mm. är höjdt från 42.7, under det 43 mm. för maj egentligen betyder 43.4 mm.

Samma egendomliga fördelning af nederbörden på de olika stationerna, som spårades redan vid en första sammanställning af månadstalen för ett särskildt år, framträder ännu mera pointerad i ofvanstående tabell *C* och detta icke blott i månadsmedeltalen utan också i dessas summor för de på olika höjd och på olika afstånd från hafvet liggande stationerna.

Halmstad, lågt och nära hafskusten, mottager regelbundet mindre nederbördsmängd än Marbäck på 58 m. ö. n. n. och på 10 kilom. afstånd från Halmstad; H : M = 1 : 1.24. Kinnared, 89.28 m. ö. n. n. och 45 kilom. från Halmstad, har visserligen större nederbördsmängd än nämnda stad men i medeltal mindre än Marbäck (för enskilda år växlar detta förhållande); H : Ki = 1 : 1.19 och Ki : M = 1 : 1.04. Nederbördsmängden för Kållerstad (156,86 m. ö. n. n.) är större än för Halmstad men mindre än för Kinnared; H : Kå = 1 : 1.09. Tranemo's (162.30 m. ö. n. n.) nederbördsmängd är ungefär den samma som Kållerstads; T : Kå = 1 : 0.99. För Flahult (257.11 m. ö. n. n.) ändtligen visar sig månadsmedeltalens summa mindre än för alla de förut nämnda, på lägre nivå liggande stationerna; H : F = 1 : 0.89.

Förhållandet mellan maximum och minimum för hvarje särskild station framgår af följande sammanställning:

Halmstad	Max. : Min.	=	1 : 0.36
Marbäck....................................	» »	=	1 : 0.37
Kinnared	» »	=	1 : 0.35
Kållerstad	» »	=	1 : 0.37
Tranemo	» »	=	1 : 0.37
Flahult	» »	=	1 : 0.20

I fråga om de från längre tid tillbaka i verksamhet varande stationerna är således maximum 2.7 à 2.8 gånger större än minimum. (För Flahult, som lämnat observationer endast under fem år, måste resultatet anses alltför osäkert). Rafter har i sin »Relation of rainfall to run-off»[1]) för en mängd nordamerikanska områden angifvit minimum till ungefär hälften af maximum och säger förhållandet vara särdeles konstant i kusttrakter, under det förhållandet mellan maximum och minimum blir mera växlande, så snart det gäller orter längre in i landet.

Långt ifrån att nederbördsmängden, såsom annars ofta är fallet, tilltar med stigande höjd, synes den för Nissaområdets vidkommande vara lägst för de högsta höjderna och tilltagande för de på lägre nivå men närmare hafskusten belägna områdena, denna regel dock med ett viktigt undantag: själfva kustremsan har mindre nederbörd än stationerna på höjden 58—160 m. ö. n. n.

Fig. 3, sid. 16, visar nederbördens mängd på olika höjd inom Nissaområdet; först ofvanför Gusjön, på ett afstånd från Halmstad af 115 kilom. och på en höjd af 160 m., blir nederbördsmängden mindre än på kustremsan.

Om vi vilja förklara nederbördsmängdens fördelning, sådan denna nu skildrats, beroende därpå, att hafsvindarna vid de bakom Halmstad mötande höjderna aflasta en stor del af sin fuktighet, dock relativt mindre ju längre från kusten, få vi å andra sidan ej glömma, att inom området blåsa också ganska långvariga landvindar. Det är dessa landvindar, som orsaka, att fördelningen af nederbörden under vissa tider af året blir jämnare, eller att å andra tider större ne-

[1]) Unit. Stat. Geol. Survey, Water supply a. Irrigation Pap., N:o 80, sid. 12.

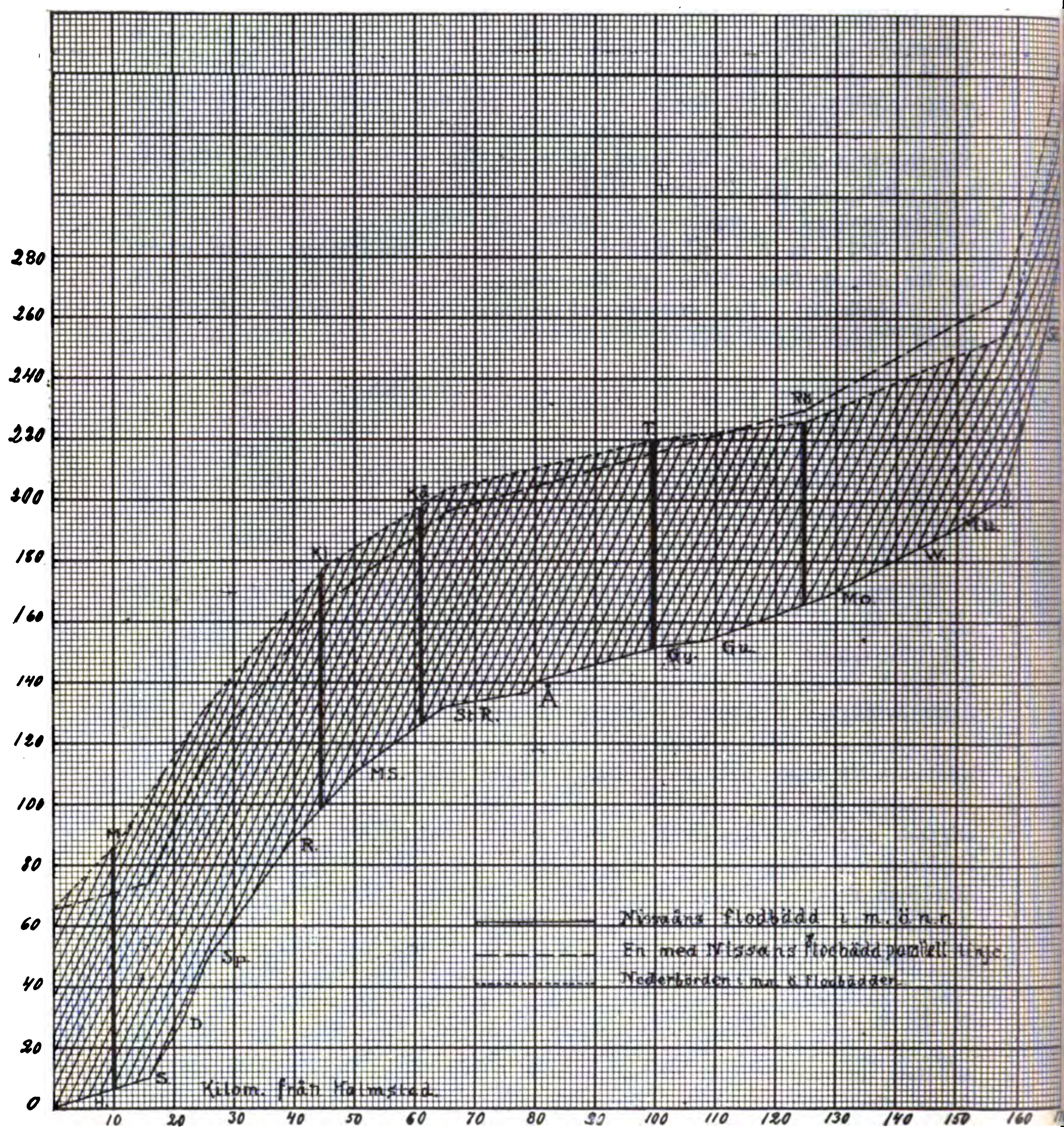


Fig. 3. Schema öfver höjdförhållandena inom Nissans flodbädd från källorna till utloppet. Så = Såfdabo, J = Jä[...] Mu = Mulseryd, W = Wallgårda, Mo = Mossebo, Gu = Gusjön, Gy = Gyllenfors, Å = Ågårdsforsar, St. R = Stora Rya, Ms = Måshult, R = Rydö, Sp = Spenshult, D = Drared, S = Sanna, H = Halmstad, M = Marbäck, Ki = Kinnared, Kå = Källerst[...] T = Tranemo, Rö = Röksberg. Det streckade fältet anger nederbördens höjd i cm. (ej i mm. såsom å fig. felaktigt uppgifv[...] öfver flodbädden. För att markera nederbördsminskningen resp. -ökningen i förhållande till nederbördshöjden vid Hal[...] stad är en streckad linje dragen på Halmstadnederbördens höjd öfver flodbottnens grundlinje, parallellt med denna.

derbördsmängder falla t. ex. vid Halmstad än på höjderna norrut därifrån. Som emellertid landvindarna i frekvens ingalunda äro jämförliga med hafsvindarna, hinner den af dem betingade fördelningen af nederbördsmängden ej att för medeltalens vidkommande utplåna det af de vanligare hafsvindarna framkallade förhållandet.

Tab. D.

	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	Medeltal
Halmstad	706.6	807.2	646.3	854.6	623.3	536.1*	620.2	589.7	571.6	577.0	655
Marbäck	846.2	1035.3	813.3	913.6	664.0*	699.4	836.3	869.0	744.6	709.1	813
Kinnared	648.1	972.7	868.0	951.1	567.3*	647.0	950.1	821.6	703.5	671.2	780
Kållerstad	772.0	864.7	750.3	846.4	503.7*	543.8	791.1	751.2	665.9	617.8	711
Tranemo				880.7	509.2	690.9	887.8	669.3	665.0	638.7	706
Flahult						505.5	634.7	606.3	594.0	552.3	579

Tabell D anger årsnederbörden för de särskilda stationerna, beräknad ur månadssummorna.

Anmärkningsvärdt är, att för nästan alla stationers vidkommande år 1898 visade den starkaste nederbörden. Undantag gör egentligen endast Halmstad, hvars maximum för denna period är förlagdt till år 1900. För Tranemo och Flahult, såsom representerande endast 7 resp. 5 år, angifvas ej maxima eller minima på vedertaget sätt. Ville vi efter förut angifvet schema för dessa stationer interpolera de felande värdena, skulle också deras maximinederbörd angifvits hafva fallit år 1898. Äfven i fråga om minima härskar samma lagbundenhet med samma undantag, som nyss anfördes; minima infalla år 1901 utom för Halmstad, där minimum är förlagdt till år 1902.

Äfven vid denna sammanräkning inträder för hvarje af 10-års-periodens särskilda år utan undantag en märkbar stegring af nederbördsmängden vid Marbäck, jämförd med den vid Halmstad iakttagna. Likaså i 7 fall af 10 nederbörden vid Marbäck större än vid Kinnared, samt i 9 fall af 10 den vid Kinnared större än den vid Kållerstad. Förhållandet mellan de på nästan samma höjd liggande Kållerstad och Tranemo är däremot mera obestämdt; under 2 år, 1901 och 1905, ungefär samma nederbördsmängd vid båda, af de öfriga 5 åren under 7-års-perioden ha 4 Kållerstad $<$ Tranemo och 1 Tranemo $<$ Kållerstad. För Flahult är nederbördsmängden genomgående mindre än för Tranemo.

På grundvalen af de gifna observationerna har jag beräknat hela dräneringsområdets nederbördshöjd för de olika årens af perioden olika månader. I följd af observationsorternas ojämna fördelning öfver arean kunde emellertid denna beräkning ej grundas på en enkel addition af de olika stationernas siffervärden och summornas delning med stationernas antal. Jag begagnade mig i stället af den af H. E. Hamberg[1]) närmare utvecklade metoden, uppdelade området i tio kvadratiska rutor och sökte, under aktgifvande på höjdlägen, afstånd från kusten o. s. v., få för hvar och en af dessa ett nederbördsvärde, i hvilket de angifna förhållandena blifvit på vederbörligt sätt beaktade.

[1]) Om skog. inflyt. Sveriges klimat, IV, Nederbörd, Bih. Domänstyr. Berätt. rör. Skogsväs. 1895.

Tabell E.

	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	S:ma
1897	10*	32	74	26	34	27	120	88	106	46	52	59	674
1898	33	42	46	41	115	113	92	114	40	14*	78	169	897
1899	77	35	40	76	27*	60	79	28	125	71	80	45	743
1900	51	60	27*	59	28	61	65	126	75	137	53	122	864
1901	28	27	51	51	35	84	13*	82	17	42	48	52	530*
1902	71	10	50	8*	62	54	80	92	51	87	12	40	617
1903	67	71	55	60	28	39	87	153	86	120	34	22*	822
1904	46	47	25	77	73	54	19*	123	56	62	66	91	739
1905	43	34	43	53	20*	[illegible]	70	171	73	53	37	22	684
1906	73	31	40	32	50	29	71	89	25	45	84	57	626
Medeltal.	50	39*	45	48	47	59	70	107	65	68	54	68	720

Tabell E, angifvande månadsmedeltalen af de för Nissans hela bevattningsområde beräknade nederbördsmängderna i mm. under 10-års-perioden.

Maximum för hvartdera af 10-års-periodens 5 sista år håller sig i augusti; dessutom finnes ett maximum i juni (1901), ett i juli (1897), ett i september (1899) och ett i oktober (1900). Ett nederbördsmaximum för december hör till ovanligheterna; det ifrågavarande (1898) beror på den i västra Götaland under december månad nämnda år inträffade ovanligt starka nederbörden, så stark, att en liknande ej observerats vid nämnda tid och inom nämnda del af Sverige under de sist förflutna 50 åren. Månadsnederbörden för Kinnared steg under december 1898 till 207.2 mm.

Minima äro mera oregelbundet fördelade: två i hvardera af månaderna maj och juli samt ett i hvardera af januari, mars, april, september, oktober och december. I medeltal för hela periodens månader lämnar februari den minsta, augusti den största nederbörden.

Af årssummorna framgår, att 1898 var det våtaste, 1901 det torraste året af den här behandlade perioden. Medeltalet af de 10 årens nederbördsmängder för hela dräneringsområdet utgör 720 mm.

För att visa, i hvad mån resultaten af det här använda beräkningssättet skilja sig från de resultat, som skulle erhållits vid en enkel medeltalsberäkning (summan af stationernas nederbördsvärden dividerad med stationernas antal), sammanför jag båda i nedanstående tabell *F*.

Tabell F.

	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	Medeltal
Här beräknade	674	897	743	864	530	617	822	739	684	626	720
Medelvärden ...	743	920	770	889	573	604	787	718	657	628	729
Skillnad	—69	— 23	— 27	— 25	— 43	+ 13	+ 35	+ 21	+ 27	— 2	— 9

Tabell F visar skillnaden emellan här beräknade värden för de olika årens nederbörd i mm. och de värden, som skulle erhållits vid en enkel medeltalsberäkning.

För somliga år blir skillnaden emellan de på nämnda olika sätt erhållna värdena ganska stor, 69 mm. för år 1897, 35 mm. för år 1903, för andra däremot obetydlig, 13 mm. för 1902, 2 mm. för 1906. Att de vid mina beräkningar erhållna värdena för de första fem åren af perioden äro högre än medelvärdena, beror därpå, att man vid den enkla medeltalsberäkningen utan företagen interpolering alldeles saknar siffror under dessa år för den högst belägna och regnfattigaste lokalen, Flahult, hvadan således medeltalen, uträknade endast från de regnrikare stationerna, måste bli för höga. Att de af mina beräkningar framgångna siffrorna för de sista fem åren blifvit något högre än de enkla medeltalen ur stationernas nederbördsmängder, utan tagen hänsyn till höjdförhållanden o. s. v., beror därpå, att jag vid dessa beräkningar ej kunde låta Flahult ensamt representera ens en hel ruta af områdets tio, under det t. ex. det regnrikare Kinnared fick ensam representera tre rutor och jämte Kållerstad en fjärde.

4. Vattenstånd.

Regelbundna anteckningar öfver vattenståndet i Nissan, vid Johansfors, ha sedan den 16 oktober 1899 gjorts af stationsinspektoren vid Johansfors station J. A. Hempel. Afläsningarna äro verkställda på en på vanligt sätt graderad pegelskala hvarje dag emellan kl. 1 och 2 e. m. De här nedan anförda siffrorna äro af mig afskrifna efter observatörens originalanteckningar; de sträcka sig från nämnda dato, 16 okt. 1899, till april år 1907, således öfver fulla 7 år. Under tiden från den 10 december 1899 till och med den 24 januari 1900 samt från den 31 januari till och med 23 februari sistnämnda år var Nissan tillfrusen vid Johansfors. Från de dagar, då ån var isbelagd, föreligga inga vattenståndsobservationer.

Enär sådana observationer som dessa lämna ett oersättligt material för bedömandet af de framrinnande vattenmassornas mängd, och enär de ej förut äro publicerade, anför jag dem här, sidd. 19—27, in extenso, i tabellform. Jag vill härmed fylla ett af de hufvudsyften, man afser med en hydrografisk undersökning af ett vattendrag, att lämna en uppslagsbok för besvarandet af framtida frågor angående vattendragets användbarhet för det ena eller andra slaget af kraftanläggning, bevattning o. s. v.

1899.

Dat.	Okt.	Nov.	Dec.
1		8.78	8.96
2		8.72	8.97
3		*8.67	8.97
4		8.73	8.92
5		8.77	8.97
6		8.77	8.78
7		8.71	8.82
8		8.69	8.78
9		8.80	8.70
10		8.83	Tillfrus.
11		8.83	»
12		9.01	»
13		9.00	»
14		8.94	»
15		8.90	»
16	8.87	8.85	»
17	8.79	8.82	»
18	8.78	8.80	»
19	8.78	8.79	»
20	8.75	8.80	»
21	8.71	8.72	»
22	8.63	8.82	»
23	8.63	8.77	»
24	8.61	8.97	»
25	8.56	9.17	»
26	8.52	9.07	»
27	8.65	9.06	»
28	8.68	9.02	»
29	8.65	8.98	»
30	8.68	8.96	»
31	8.78	—	»
Medeltal		8.86	

1900.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov	Dec.
1	Tillfrusen	Tillfrusen	8.86	8.71	9.09	8.46	8.29	*8.13	8.52	8.82	9.13	8.79
2	«	»	8.86	8.71	9.08	8.43	8.28	8.30	8.52	8.83	9.09	8.76
3	»	»	8.83	8.68	9.03	8.39	8.22	8.36	8.57	8.78	9 03	8.75
4	»	»	8.81	8.65	8.99	8.45	8.37	8.40	8.55	8.73	9.05	8.74
5	»	»	8.77	*8.61	8.94	8.38	8.30	8.43	8.52	*8.72	9.03	8.72
6	»	»	8.72	8.62	8.91	8.34	8.35	8.48	8.60	9.17	9.08	8.69
7	»	»	8.68	8.66	8.86	8.34	8.46	8.40	8.71	9.21	9.06	8.67
8	»	»	8.67	8.74	8.82	8.34	8.57	8.38	8.69	9.15	9.04	*8.64
9	»	»	8.65	8.86	8.79	8.35	8.44	8.39	8.69	9.10	9.01	8.72
10	»	»	8.62	9.06	8.72	8.33	8.35	8.42	8.55	9.05	9.01	9.21
11	»	»	8.61	9.14	8.71	8.33	8.34	8.50	8.65	9.03	9.01	9.12
12	»	»	8.61	9.40	8.70	8.30	8.28	8.42	8.64	8.97	9.00	9.27
13	»	»	8.66	9.55	8.68	8.28	8.30	8.38	8.59	8.94	9.00	9.33
14	»	»	*8.60	9.60	8.66	8.25	8.29	8.32	8.55	9.10	8.99	9.35
15	»	»	8.61	9.58	8.61	8.25	8.28	8.32	8.49	9.17	9.10	9.32
16	»	»	8.74	9.68	8.62	8.24	8.29	8.28	8.46	9.23	9.12	9.46
17	»	»	8.77	9.74	8.59	8.22	8.13	8.29	8.46	9.16	9.11	9.41
18	»	»	8.75	9.68	8.57	8.29	8.22	8.24	8.48	9.10	9.09	9.34
19	»	»	8.91	9.62	8.57	8.22	8.23	8.18	8.40	9.05	9.06	9.29
20	»	»	9.00	9.63	8.47	*8.20	8.19	8.17	8.38	9.03	9.02	9.31
21	»	»	8.94	9.63	8.51	8.22	8.16	8.17	8.36	9.00	9.00	9.47
22	»	»	8.88	9.61	8.50	*8.20	8.20	8.17	8.35	8.98	8.97	9.46
23	»	»	8.86	9.60	8.49	8.22	8.10	8.17	*8.34	8.99	8.94	9.43
24	»	8.60	8.84	9.51	8.48	8.30	8.09	8.17	8.35	9.00	8.92	9.38
25	8.86	8.67	8.82	9.43	8.46	8.28	*8.00	8.19	8.35	8.96	8.89	9.37
26	8.88	8.88	8.81	9.37	8.47	8.25	8.13	8.80	8.35	9.04	8.87	9.43
27	8.91	8.95	8.80	9.30	8.56	8.26	8.14	8.84	8.53	9.06	8.85	9.45
28	8.89	8.90	8.77	9.22	8.45	8.89	8.03	8.71	9.05	9.10	*8.88	9.39
29	8.88	--	8.75	9.17	*8.42	8.35	8.03	8.57	9.05	9.25	8.85	9.28
30	8.82	—	8.75	9.12	8.46	8.34	8.07	8.48	8.92	9.25	*8.83	9.22
31	Tillfrusen	—	8.70	—	8.49	—	8.13	8.47	--	9.19	—	9.14
Medeltal			8.76	9.23	8.67	8.31	*8.24	8.37	8.55	9.04	9.00	9.15

1901.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	9.02	8.71	8.45	*8.79	8.81	*8.83	8.54	8.18	8.20	*7.95	—	8.48
2	8.99	8.73	8.42	9.02	8.77	8.58	8.51	8.08	8.21	*7.95	—	8.45
3	8.95	8.69	8.41	9.06	8.75	8.53	8.48	8.03	8.18	*7.95	—	8.56
4	8.92	8.70	*8.39	9.42	8.72	8.49	8.44	8.03	8.16	7.96	—	8.44
5	8.96	8.66	8.42	9.47	8.72	8.42	8.39	8.05	8.14	7.98	—	8.45
6	8.96	8.66	8.45	9.35	8.67	8.45	8.34	8.08	8.11	7.98	—	8.39
7	8.95	8.64	8.51	9.29	8.66	8.48	8.31	8.08	8.09	8.03	—	8.48
8	8.89	8.64	8.55	9.27	8.62	8.50	8.28	8.09	8.02	7.98	—	8.69
9	8.86	8.64	8.58	9.27	8.64	8.48	8.26	8.08	8.03	8.04	—	8.66
10	8.84	8.61	8.57	9.27	8.72	8.46	8.25	8.06	8.05	8.06	—	8.62
11	8.81	8.64	8.68	9.33	8.78	8.43	8.25	8 08	8.05	8.06	—	8.58
12	8.78	8.66	8.71	9,37	8.78	8.52	8.25	8.03	8.05	8.04	—	8.58
13	8 75	8.69	8.76	9.42	8.69	8.67	8.25	8.06	8.04	8.03	—	8.58
14	8.74	8.73	8.79	9.44	8.68	8.62	8.13	8.04	8.04	8.01	—	8.62
15	8.73	8.77	8.82	9.44	8.66	8.58	8.21	8.09	7.97	7.99	—	8.58
16	8.72	8.77	8.79	9.48	8.66	8.54	8.19	8.12	*7.92	8.05	—	8.62
17	8.71	8.75	8.75	9.46	8.57	8.54	8.18	8.10	8.03	8.04	—	8.70
18	8.70	8.60	8.76	9.42	8.54	8.57	8.18	8.09	8.01	8.02	8.38	8.70
19	8.66	8.63	8.72	9.37	8.56	8.56	8.20	8.12	8.04	8.01	8.59	8.43
20	8.65	8.61	8.71	9.29	8.56	8.54	8.20	8.15	8.04	8.00	9.04	8.43
21	*8.64	8.58	8.69	9.23	8.52	8.51	*8.08	8.14	8.05	7.99	8.82	8.42
22	8.67	8.52	8.67	9.18	8.48	8.49	8.17	8.07	7.97	8.00	8.68	8.40
23	8.95	8.50	8.63	9.13	8.47	8.46	8.16	8.08	8.00	8.05	8.59	8.39
24	8.99	*8.43	8.62	9.08	8.45	8.43	8.16	8.03	8.08	8.06	8.48	8.38
25	8.90	8.45	8.67	9.05	8.43	8.62	8.12	*8.00	8.01	8.06	8.46	*8.37
26	8.87	8.48	8.68	8.98	8.40	8.74	8.12	8.06	7.98	8.05	8.41	8.40
27	8.83	8.45	8.62	8.98	8.38	8.65	8.14	8.09	7.97	8.04	8.39	8.46
28	8.78	8.45	8.58	8.88	8.38	8.62	8.16	8.14	7.95	8.01	8.43	8.47
29	8.74	—	8.56	8.85	*8.35	8.58	8.13	8.19	7.96	8.27	8.39	8.55
30	8.73	—	8.54	8.83	*8.35	8.56	8.14	8.18	7.98	8.37	8.40	8.63
31	8.73	—	8.50	—	*8.35	—	8.15	8.19	—	8.27	—	8.71
Medeltal	8.82	8.62	8.61	9.21	8.58	8.53	8.24	8.09	*8. 04	*8.04		8.52

1902.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	8.95	8.67	8.35	8.78	8.52	8.62	8.28	8.32	8.68	8.37	**8.82**	8.44
2	9.06	**8.70**	8.39	8.77	8.54	8.58	8.27	8.40	8.62	8.37	8.78	8.55
3	**9.12**	8.63	8.41	8.75	8.56	8.54	8.26	8.40	8.64	8.39	8.75	8.62
4	9.03	8.62	8.42	8.78	8.53	8.50	8.25	8.41	8.61	8.36	8.68	8.68
5	9.10	8.59	8.43	8.82	8.53	8.46	8.21	8.42	8.60	8.33	8.66	8.50
6	9.03	8.58	8.43	8.80	8.52	8.47	8.21	8.40	8.58	8.32	8.64	8.41
7	9.10	8.56	8.44	**8.83**	8.52	8.47	8.20	8.35	8.56	8.30	8.62	8.41
8	9.04	8.54	8.50	8.82	8.55	8.51	8.20	*8.25	8.54	8.30	8.61	8.36
9	8.98	8.52	8.53	8.77	8.52	8.57	8.25	8.35	8.49	8.30	8.60	8.32
10	8.99	8.51	8.45	8.76	*8.51	8.68	8.16	8.40	8.46	8.30	8.60	8.28
11	8.97	8.50	8.42	8.74	8.52	**8.69**	8.37	8.44	8.42	8.30	8.64	*8.24
12	8.91	8.46	8.37	8.70	8.54	8.67	**8.39**	8.48	8.42	8.30	8.62	8.28
13	8.87	8.46	8.35	8.67	8.61	8.61	8.34	8.50	8.40	*8.29	8.65	8.30
14	8.77	8.47	8.34	8.67	8.64	8.57	8.31	8.52	8.43	8.31	8.64	8.28
15	8.74	8.47	*8.31	8.61	8.70	8.53	8.24	8.53	*8.37	8.40	8.60	8.30
16	8.86	8.44	8.35	8.63	8.76	8.52	8.24	8.63	8.46	8.90	8.59	8.31
17	8.81	8.41	8.44	8.62	8.88	8.54	8.23	8.56	8.64	9.07	8.56	8.32
18	8.83	8.40	8.49	8.61	8.96	8.50	8.21	8.53	**8.81**	9.05	8.49	8.31
19	8.85	8.40	8.59	8.60	**9.04**	8.45	8.25	8.50	8.75	9.02	8.48	8.28
20	8.87	8.37	8.69	8.60	8.98	8.46	8 28	8.53	8.69	8.92	8.47	8.28
21	8.96	8.37	8.89	8.62	8.95	8.46	8.22	8.53	8.65	9.00	8.46	8.28
22	8.88	8.36	8.94	8.58	8 92	8.44	8.21	8.47	8.60	**9.17**	8.44	8.28
23	8.83	8.36	**9.00**	8.57	8.88	8.42	8.20	8.48	8.55	9.10	8.40	8.30
24	8.83	8.35	8.89	8.59	8.87	8.40	8.17	8.43	8.53	9.01	8.43	8.40
25	8.85	8.35	8.97	8.58	8.84	8.37	8.19	8.41	8.48	8.99	8.44	8.50
26	8.88	8.33	8.97	8 58	8.81	8.35	8.16	8.40	8.47	8.95	8.40	**8.85**
27	8.81	*8.31	8.91	8.54	8.77	8.33	*8.10	8.40	8.45	8.93	8.38	8.67
28	8.80	8.32	8.87	8.51	8.77	8.31	8.23	8.50	8.48	8.90	*8.37	8.77
29	8.70	—	8.84	*8.47	8.73	*8.27	8.25	8.56	8.41	8.87	8.38	8.70
30	8.65	—	8.83	8.48	8·69	*8.27	8.28	8.53	8.40	8.86	8.40	8.65
31	*8.62	—	8.82	—	8.66		8.31	**8 72**	—	8.84	—	8.57
Medeltal	**8.90**	8.47	8.60	8.66	8.70	8.49	*8.24	8.46	8.54	8.66	8.56	8.43

1903.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	8.56	9.15	9.25	9.02	8.85	8.37	8.20	8.44	9.05	*8.66	8.90	8.65
2	8.55	9.08	9.20	8.98	8.83	8.40	8.18	8.46	9.04	8.71	8.84	8.59
3	*8.54	9.02	9.17	8.95	8.81	8.37	8.16	8.43	8.98	8.93	8.82	8.55
4	8.58	8.97	9.14	8.95	8.78	8.35	8.14	8.45	8.92	9.05	8.80	8.54
5	8.83	8.97	9.15	9.05	8.75	8.32	8.12	8.53	8.88	9.00	8.78	8.53
6	8.80	8.98	9.13	9.06	8.77	8.31	8.11	8.78	8.83	9.16	8.76	8.50
7	9.05	8.98	9.12	9.14	8.76	8.30	8.11	8.71	8.78	9.14	8.74	8.52
8	9.24	9.22	9.10	9.15	8.77	8.27	8.16	8.68	8.88	9.09	8.73	8.55
9	9.10	9.15	9.05	9.10	8.76	8.24	8.12	8.65	9.18	9.04	8.72	8.55
10	9.10	9.05	9.02	9.08	8.76	8.23	8.12	8.58	9.47	9.26	8.70	8.57
11	9.22	9.11	8.96	9.06	8.73	8.25	8.10	8.51	9.43	9.24	8.71	8.87
12	9.02	9.09	8.92	9.05	8.71	8.24	8.08	8.50	9.41	9.19	8.70	8.75
13	8.97	9.02	8.86	9.05	8.70	*8.21	8.10	8.48	9.39	9.12	8.70	8.70
14	8.93	8.91	8.82	9.03	8.71	8.25	8.11	8.45	9.29	9.09	8.67	8.67
15	8.94	8.88	*8.73	8.99	8.67	8.22	8.12	8.45	9.18	9.15	8.65	8.60
16	8.94	8.83	*8.73	8.97	8.66	8.22	8.10	8.43	9.12	9.19	8.63	8.57
17	8.91	*8.75	*8.73	8.95	8.65	8.30	8.13	8.41	9.06	9.27	8.60	8.55
18	8.87	8.78	*8.73	8.93	8.67	8.25	8.12	8.40	9.02	9.24	8.58	8.54
19	8.87	8.77	8.82	8.91	8.64	8.26	8.10	*8.35	8.95	9.19	*8.55	8.54
20	8.88	8.87	9.18	8.89	8.67	8.30	*8.05	8.46	8.90	9.17	8.58	8.53
21	8.90	8.87	9.27	8.87	8.66	8.35	8.15	8.50	8.84	9.13	*8.55	8.52
22	8.91	9.05	9.17	8.89	8.65	8.27	8.23	8.50	8.79	9.10	8.60	8.52
23	8.93	9.15	9.10	8.91	8.62	8.27	8.33	8.68	8.74	9.11	8.70	8.51
24	9.00	9.15	9.07	8.93	8.58	8.27	8.30	8.95	8.69	9.12	8.85	8.49
25	9.12	9.10	9.07	8.96	8.57	8.26	8.23	9.12	8.66	9.10	8.80	8.47
26	9.01	9.09	9.07	8.94	8.51	8.26	8.22	8.98	8.63	9.09	8.76	8.46
27	9.01	9.27	9.04	8.91	8.50	8.25	8.20	8.95	8.60	9.04	8.72	8.45
28	9.05	9.30	9.01	*8.85	8.48	8.24	8.10	9.02	8.57	9.01	8.68	8.44
29	9.10	—	9.00	8.89	8.45	8.23	8.20	9.10	*8.55	8.94	8.64	8.39
30	9.16	—	9.00	8.87	8.43	8.22	8.22	9.06	8.60	8.94	8.60	8.36
31	9.20	—	9.00	—	*8.40	—	8.33	9.07	—	8.92	—	*8.35
Medeltal	8.95	9.02	9.02	8.98	8.66	8.28	*8.16	8.65	8.95	9.08	8.70	8.54

1904.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	8.35	8.66	8.47	*9.00	9.00	8.50	8.40	8.01	8.27	*8.21	8.60	*8.58
2	8.36	8.57	8.47	9.02	9.03	8.47	8.42	8.01	8.26	8.26	8.59	8.68
3	8.35	8.52	8.46	9.10	9.05	8.45	8.44	8.00	8.24	8.29	8.58	9.07
4	8.35	8.58	8.46	9.25	9.20	8.42	8.40	8.00	8.22	8.26	8.57	9.19
5	8.36	8.57	8.45	9.30	9.23	8.40	8.37	7.98	8.20	8.27	8.62	9.56
6	8.36	8.56	8.44	9.34	9.29	8.39	8.35	*7.97	8.18	8.30	8.65	9.52
7	8.35	8.54	8.43	9.51	9.24	8.37	8.34	8.01	8.16	8.33	8.67	9.62
8	*8.34	8.49	*8.42	9.46	9.20	8.35	8.32	8.04	8.14	8.35	8.76	9.50
9	*8.34	*8.45	8.44	9.40	9.17	8.37	8.25	8.07	8.15	8.35	8.87	9.41
10	8.35	8.49	8.46	9.39	9.15	8.35	8.23	8.09	8.20	8.35	8.79	9.32
11	8.35	8.53	8.43	9.37	9.12	8.34	8 22	8.11	8.24	8.33	8.75	9.29
12	8.36	8.54	8.46	9.35	9.10	8.33	8.21	8.16	8.23	8.31	8.62	9.26
13	8.37	8.59	8.46	9.34	9.08	8.32	8.20	8.17	8.21	8.29	8.68	9.22
14	8.63	8.64	8.45	9.32	9.06	8.30	8.19	8.16	8.20	8.31	8.59	9.18
15	8.98	8.76	8.44	9.29	9.03	8.29	8.18	8.29	8.18	8.35	8.61	9.14
16	8.94	8.75	8.43	9.26	9.00	8.28	8.17	8.49	8.16	8.37	8.58	9.12
17	8.81	8.72	8.43	9.25	8.98	8.27	8.16	8.28	8.15	8.39	8.59	9.21
18	8.74	8.68	*8.42	9.24	8.95	8.26	8.15	8.29	8.14	8.42	*8.55	9.25
19	8.69	8.65	8.46	9.21	8.96	8 25	8.19	8.30	8.12	8.43	8.58	9.21
20	8.65	8.64	8.52	9.17	8.94	8.24	8.16	8.58	8.19	8.59	8.59	9.15
21	8.60	8.63	8.66	9.14	8.91	*8.23	8.13	8.44	8.16	8.36	8.58	9.12
22	8.61	8.63	8.85	9.11	8.88	8.25	8.10	8.39	8.14	8.32	8.60	9.12
23	8.63	8.62	9.00	9.08	8.86	8.26	8.07	8.35	8.12	8.33	8.62	9.11
24	8.67	8.60	9.00	9.05	8.81	8.28	8.04	8.30	8.12	8.35	8.65	9.02
25	8.73	8.57	8.94	9.03	8.78	8.30	*8.00	8.27	8.12	8.51	8.63	8.88
26	8.70	8.54	8.97	9.02	8.74	8.38	8.17	8.23	8.10	8.73	8.62	8.88
27	8.66	8.53	8.95	9.01	8.71	8.40	8.08	8.25	*8.08	8.76	8.63	8.89
28	8.67	8.52	9.02	*9.00	8.65	8.42	8.06	8.25	8.11	8.67	8.60	8.88
29	8.67	8.51	9.02	9.02	8.59	8.44	8.04	8.28	8.14	8.64	8.56	8.94
30	8.71	—	9.03	*9.00	8.56	8.37	8.04	8.28	8.17	8.62	8.59	8.87
31	8.70	—	9.02	—	*8.53	—	8.02	8.28	—	8.60	—	8.73
Medeltal	8.56	8.59	8.63	9.20	8.96	8.34	8.20	8.20	*8.17	8.41	8.63	9.13

1905.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	8.65	8.54	8.54	8.83	9.05	8.39	8.25	*8.14	9.09	8.64	8.71	8.84
2	8.68	8.56	8.53	8.82	9.09	8.38	8.23	8.41	8.98	8.64	8.72	8.82
3	8.72	8.59	8.53	8.81	9.19	8.36	8.32	8.56	8.96	8.63	8.67	8.80
4	8.86	8.60	8.51	8.81	9.12	8.36	8.38	8.55	8.87	8.61	8.67	8.77
5	8.82	8.62	8.49	8.80	9.09	8.36	8.33	8.50	8.84	8.70	8.64	8.78
6	8.80	8.80	8.46	8.83	9.05	8.35	8.30	8.46	8.83	8.72	8.63	8.75
7	8.78	9.01	*8.45	8.88	9.02	8.35	8.25	8.45	8.81	8.77	8.55	8.70
8	8.86	8.90	8.48	8.84	8.98	8.34	8.23	8.44	8.81	8.75	8.59	8.69
9	8.98	8.77	8.52	8.82	8.96	8.34	8.20	8.41	8.84	8.70	8.56	8.80
10	9.08	8.72	8.58	8.79	8.94	8.33	8.18	8.38	8.90	8.61	8.53	8.81
11	9.15	8.69	8.70	8.81	8.90	8.32	8.16	8.63	9.14	8.62	8.50	8.78
12	9.21	8.67	9.25	8.85	8.87	8.28	*8.03	8.62	9.12	8.61	8.50	8.77
13	9.21	8.63	9.17	8.87	8.84	8.25	8.22	8.57	9.10	8.66	8.50	8.73
14	9.05	8.63	9.11	8.85	8.83	8.24	8.11	8.54	9.01	8.72	8.49	8.71
15	8.91	8.57	9.12	8.88	8.79	8.29	8.13	8.51	8.98	8.68	8.45	8.70
16	8.88	*8.53	9.11	8.85	8.76	8.29	8.13	8.46	8.96	8.64	8.46	8.67
17	8.83	8.54	9.10	8.81	8.72	8.29	8.14	8.41	8.90	8.62	8.42	8.64
18	8.80	8.67	9.06	8.78	8.69	8.28	8.11	8.37	8.85	8.61	8.40	8.63
19	8.80	8.93	9.03	8.75	8.66	8.33	8.07	8.39	8.81	8.60	8.38	8.62
20	8.79	8.84	9.01	*8.73	8.62	*8.22	8.05	8.51	8.77	8.58	*8.33	8.61
21	8.73	8.76	8.98	8.86	8.60	8.28	*8.03	8.50	8.74	8.55	8.39	8.60
22	8.72	8.67	8.90	8.90	8.59	8.30	8.04	8.46	8.68	8.55	8.44	8.57
23	8.68	8.64	8.87	8.87	8.52	8.38	8.10	8.40	8.64	8.55	8.48	8.58
24	8.66	8.61	8.85	8.81	8.49	8.39	8.10	8.44	8.65	8.55	8.50	8.59
25	8.64	8.59	8.82	8.80	8.51	8.28	8.14	8.77	8.64	8.54	8.55	8.55
26	8.59	8.57	8.77	8.84	8.49	*8.22	8.26	8.80	8.62	*8.52	8.67	8.61
27	8.59	8.55	8.70	8.89	8.47	8.29	8.23	8.83	8.61	8.54	8.80	8.58
28	8.58	8.54	8.68	8.90	8.46	8.29	8.19	8.68	8.59	8.56	9.06	8.53
29	8.57	—	8.73	9.00	8.44	8.30	8.17	8.93	*8.58	8.66	9.03	8.50
30	8.58	—	8.83	9.04	*8.40	8.29	8.14	9.17	8.59	8.61	8.93	*8.47
31	*8.56	—	8.84	—	8.42	—	8.21	9.20	—	8.65	—	8.58
Medeltal	8.80	8.67	8.80	8.84	8.76	8.31	*8.18	8.56	8.83	8.63	8.59	8.67

1906.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	8.60	8.91	8.55	8.72	8.77	8.48	8.12	8.18	8.10	*7.97	8.22	8.84
2	8.63	8.96	8.55	8.70	8.88	8.67	8.13	8.09	8.11	8.02	*8.17	8.77
3	8.65	8.97	*8.48	8.69	8.85	8.70	8.11	8.08	8.16	8.04	8.27	8.82
4	8.67	8.92	8.52	8.69	8.80	8.63	8.12	8.06	8.11	8.09	8.20	9.05
5	8.47	8.89	8.61	8.69	8.78	8.58	8.10	8.08	8.12	8.04	8.24	8.97
6	*8.40	8.80	9.00	8.69	8.77	8.53	8.13	8.04	8.12	8.04	8.27	8.95
7	8.43	8.75	9.44	8.70	8.76	8.52	8.12	8.04	8.15	8.05	8.30	8.80
8	8.48	8.73	9.49	8.70	8.69	8.48	8.14	*8.02	8.16	8.18	8.28	8.79
9	8.47	8.68	9.42	8.70	8.67	8.49	8.14	8.04	8.13	8.03	8.26	9.30
10	8.44	8.66	9.16	8.69	8.65	8.45	8.11	*8.02	8.16	8.06	8.47	9.16
11	8.54	8.65	9.11	8.70	8.65	8.41	8.12	8.03	8.14	8.09	8.62	9.00
12	8.62	8.64	9.19	8.70	8.63	8.38	8.11	8.06	8.18	8.03	8.44	8.87
13	8.68	8.63	9.19	8.70	8.58	8.39	8.10	8.04	8.07	8.06	8.42	8.87
14	8.69	8.62	9.15	8.69	8.58	8.38	*8.04	8.05	8.05	8.05	8.44	8.80
15	8.76	8.61	9.10	8.68	8.56	8.34	8.10	*8.02	8.06	8.06	8.44	8.77
16	8.75	8.60	9.07	8.67	8.55	8.31	8.07	8.07	8.05	8.06	8.44	8.75
17	8.84	8.59	9.15	8.65	8.61	8.36	8.08	8.04	8.11	8.08	8.45	8.68
18	8.95	8.58	9.35	*8.64	8.60	8.23	8.12	8.09	8.06	8.07	8.50	8.66
19	8.92	8.56	9.30	8.65	8.59	8.25	8.05	8.12	8.06	8.08	8.59	8.64
20	8.75	8.57	9.17	8.66	8.59	8.20	8.12	8.14	8.04	8.09	8.67	8.57
21	8.71	8.56	9.08	8.67	8.58	8.17	8.15	8.14	8.04	8.06	8.79	8.59
22	8.72	8.55	9.04	8.68	8.53	8.19	8.16	8.11	8.04	8.10	8.76	8.58
23	8.75	8.56	9.00	8.72	8.51	8.14	8.15	8.13	*8.03	8.04	8.71	8.57
24	8.68	8.52	8.95	8.75	8.48	*8.12	8.06	8.12	8.12	8.03	8.70	8.53
25	8.65	8.52	8.90	8.73	8.45	8.21	8.11	8.14	8.06	8.12	8.67	8.52
26	8.67	*8.51	8.81	8.73	*8.44	8.19	8.19	8.16	*8.03	8.29	8.68	8.54
27	8.74	8.52	8.80	8.73	*8.44	8.18	8.15	8.22	8.11	8.28	8.69	*8.47
28	9.01	8.54	8.79	8.72	8.45	8.17	8.13	8.20	8.06	8.22	8.70	8.54
29	9.16	—	8.77	8.70	8.48	8.14	8.09	8.21	*8.03	8.22	8.74	8.55
30	9.06	—	8.74	8.70	8.48	*8.12	8.10	8.17	8.05	8.23	8.77	8.60
31	9.00	—	8.73	—	8.49	—	*8.04	8.10	—	8.23	—	8.66
Medeltal	8.71	8.66	8.99	8.69	8.61	8.35	8.11	*8.09	*8.09	*8.09	8.50	8.72

1907.

Dat.	Jan.	Febr.	Mars
1	8.66	8.37	8.56
2	8.67	8.36	8.53
3	8.67	8.29	8.49
4	8.56	8.28	8.47
5	8.48	8.28	8.46
6	8.47	8.28	8.44
7	8.45	8.29	8.41
8	8.44	8.29	8.46
9	8.46	8.30	8.41
10	8.67	8.29	8.44
11	8.65	*8.27	8.41
12	8.62	8.28	8.39
13	8.63	8.30	8.38
14	8.64	8.29	8.36
15	8.65	8.28	8.34
16	8.64	8.30	*8.32
17	8.65	8.29	8.54
18	8.60	8.29	9.18
19	8.54	8.31	9.19
20	8.55	8.47	9.24
21	8.50	8.48	9.19
22	8.49	8.49	9.07
23	8.50	8.48	9.08
24	8.56	8.47	9.04
25	8.53	8.48	9.00
26	8.50	8.50	8.98
27	8.48	8.56	9.01
28	8.53	8.60	9.04
29	8.42	—	9.08
30	8.40	—	9.10
31	*8.38	—	9.10
Medeltal	8.55	8.36	8.73

För att därjämte vinna nödig öfversikt öfver vattenståndets höjd under olika år, för att grafiskt åskådliggöra hög- och lågvattensperiodernas sammanfallande eller divergenser under de här behandlade afflytningsåren, har jag på grundvalen af de i tabellerna föreliggande vattenståndssiffrorna konstruerat vattenståndskurvor för tiden 16 oktober 1899 till 31 december 1906 (figg. 4 och 5, efter texten). Mest instruktivt hade utan tvifvel varit att, om så varit möjligt, insätta alla dessa kurvor på samma figur, men som detta stöter på mycket stora, rent tekniska svårigheter, har jag fördelat desamma på två afdelningar, den ena omfattande tre, den andra fyra år.

Vid en jämförelse mellan dessa kurvor synes utan vidare det industriella vattenåret sönderfalla i två perioder, lågvattens- och högvattensperioden, den förra omfattande juni, juli och augusti, den senare årets nio öfriga månader. För somliga år kunde mycket väl lågvattensperioden sägas inträda redan under sista hälften af maj, medan den å andra sidan stundom sträcker sig in i september.

I a. kan 8.40 m., efter här användt grundplan, sägas bilda åtminstone den industriella lågvattensgränsen. Såsom kurvorna visa, sänker sig vattenytan, vid den allmänna nedgången till lågvattenståndet, under denna gräns just de sista dagarna af maj eller de första af juni; på allvar öfverskrides ånyo samma gräns vid den allmänna stigningen först de sista dagarna i augusti eller de första i september. Under den normala lågvattensgränsen sänker sig vattenytan egentligen endast under juli och för år med allmänt högt vattenstånd endast under senare hälften af nämnda juli månad. Under det exceptionella lågvattensåret 1906 höll sig v. y. under lågvattensgränsen ända fram till slutet af oktober månad; medelvattenståndet för hela året 1906 var 8.41 m. Likaså var medelvattenståndet också för år 1901 ovanligt lågt, 8.46 m.; äfven vid detta tillfälle höll sig v. y. under 8.20-meters-linien till inemot slutet af oktober månad. Det var också under år 1901, som det exceptionellt låga vattenståndet, 7.92 m., uppmättes, den 16 september, samt det mycket låga, 7.95 m., vid flera tillfällen mot slutet af september och början af oktober. Också år 1904, den 5 och 6 augusti, sänkte sig vattenytan under 8-metersnivån, till 7.98 resp. 7.97 m.

Eftersom vi få tillfälle att återkomma till denna fråga längre fram, vill jag f. n. endast påminna därom, att just dessa månader med lågvattenstånd ha en stark

nederbörd, att augusti t. o. m. är den på nederbörd ojämförligt rikaste månaden, räknadt efter månadsmedeltalen för de sist förflutna tio åren, att juli, efter samma beräkningsgrund, är den på nederbörd näst rikaste månaden, och att juni i fråga om nederbördens storlek öfverträffas utom af augusti och juli endast af september, oktober och december. Om således vattenståndets höjd vore en direkt återspegling af nederbördens, borde juni, juli och augusti eller åtminstone de två sist nämnda månaderna visa de högsta vattenstånden under året. Sedan vi i nästa kapitel uträknat den afrinnande vattenmängden för årets olika månader och därigenom erhållit värden, som kunna direkt jämföras med nederbördssiffrorna, kunna vi närmare ingå på orsakerna till denna skenbara motsägelse.

Med nederbördshöjden i mm. för en viss dag kunna vi naturligtvis ej direkt jämföra vattenståndshöjden för samma dag. En viss tid måste förflyta, under hvilken nederbörden skall hinna samla sig i flodfåran och där framkalla en höjning af vattenståndet.

För att kunna öfverskåda, inom huru lång tid den fallande nederbörden gaf sig tillkänna i en höjning af vattenståndet, uppsattes resultaten af dagliga nederbördsobservationer vid Kinnared [1]) tillsammans med samma dag vid Johansfors, 25 kilom. nedanför Kinnared, aflästa vattenstånd. Nederbördsobservationerna äro gjorda kl. 8 f. m. och afse således hufvudsakligen föregående dags nederbörd, hvadan de här omdaterats till dagen före observationsdagen. Vattenståndsobservationerna vid Johansfors äro utförda emellan kl. 1 och 2 e. m.

Af de här sammanställda kurvorna (figg. 6, 7, 8 och 9, efter texten) framgår, att ett nederbördsmaximum vanligtvis ej omedelbart åtföljes af ett vattenståndsmaximum, utan att detta senare inträder först en eller två dagar efter det förra; detta senare förhållande framgår mycket tydligt af t. ex. kurvan för november 1906. Vid de utomordentligt starka regnen den 3 och 8 december 1906 inträdde vattenståndsmaximum redan dagen efter regnfallet (se fig. 6).

Från denna regel gifvas dock åtminstone två viktiga undantag. Vattenståndskurvan för februari 1906 (fig. 7) visar ett maximum för den 3, framkalladt af regnet den 1 i samma månad; från detta maximum sänker sig vattenståndet tämligen jämnt till mot slutet af månaden, detta till trots för att samma februari hade flera starka nederbördsdagar, t. ex. den 8, 11 och 25. Förhållandet vinner sin förklaring däri, att nederbörden under de nämnda dagarna, liksom under de mellanliggande, föll under form af snö (fig. 7).

Kurvorna för april, maj och juni visa visserligen en reaktion på vattenståndet från nederbördens sida, också här vanligtvis inträdande två dagar efter regnfallet, men inverkan är ytterligt svag; mot t. ex. regnfallet af den 16 maj 1906 på 11.7 mm. svarar en höjning af vattenståndet 5 cm., liksom regnet af den 28 maj 1906 på 13.5 mm. åstadkom en höjning af vattenståndet på 3 cm. (fig. 9). Under november 1906 förorsakade regnfallet af den 19 på 12.8 mm. en stigning af vattenståndet på 20 cm. (fig. 6). Redan af det sagda framgår, att under olika årstider en mycket olika stor procent

[1]) Dessa ställdes välvilligt till mitt förfogande af observatören, stationsinspektoren A. Lindblad.

af nederbörden direkt framträder i den i floden afrinnande vattenmassan. Under sommarmånaderna går endast en obetydlig del af nederbörden till floden, ökande dennes vattenmassa; det allra mesta af sommarnederbörden afdunstar åter, upptages af växterna eller sänker sig ned i markens lösa jordlager för att ersätta de förluster, grundvattensförråden lida under sommarmånaderna.

5. Afrinning.

Vid Oskarströms jutefabrik kan man vid behof tillgodogöra sig allt det vatten Nissan hitför, såsom framgår af bifogade situationsplan (fig. 10). Det vatten, som

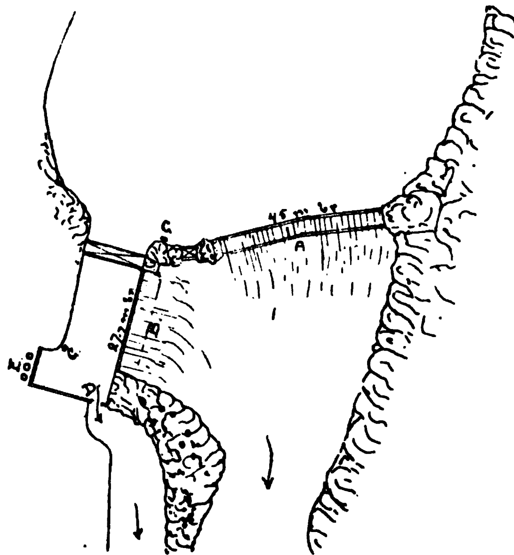


Fig. 10. Situationsplan öfver dammanläggningen vid Oskarström. A = Dammskibord. B = Kanalskibord. C = Vattenståndstaflor. D = Ändlucka. E = Turbiner.

skall användas såsom drifkraft, ledes genom kanalen till turbinerna. Öfverflödsvattnet går öfver dammskibordet och kanalskibordet; då turbinerna ej drifvas, stängas turbinluckorna, och vattnet utsläppes genom den då dragna ändluckan.

För att mäta hela den vid Oskarström framrinnande vattenmassan måste således vid högvatten- och medelvattenstånd göras tre bestämningar, en för det öfver dammskibordets och en för det öfver kanalskibordets krön gående vattnet samt ändtligen en för det, som passerar ändluckan eller turbinluckorna. Eftersom mätningarna öfver vattenhöjden vid de olika afloppsställena måste göras samtidigt, och den genom kanalens ändlucka gående vattenmängden kunde bestämmas säkrare än den genom turbinluckorna passerande, referera sig följande beräkningar till vattenståndsmätningar utförda kl. 5,30 f. m., innan ännu fabriken satts i gång. Dessa mätningar hafva utförts på föranstaltande af ingeniören W. E. Gagner, Halmstad, som välvilligt ställt sitt observationsmaterial till mitt förfogande. En fullständig serie vattenståndsobserva-

tioner föreligger för tiden 1:ste oktober 1903—30:de sept. 1904. Dessutom har jag fått låna också fullständiga listor öfver observationerna för januari, februari och mars månader innevarande år.

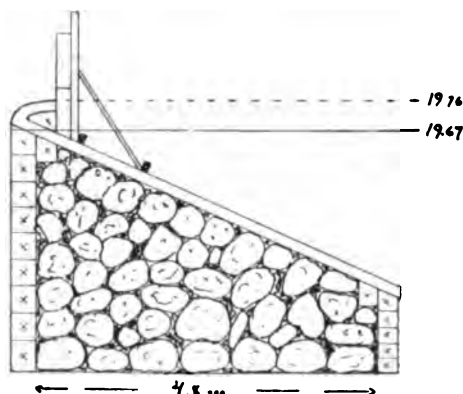


Fig. 11. Tvärsektion af dammskibordet vid Oskarström; den verksamma krönhöjden utan påsatt fördämning = 19.76; fördämningen påsättes på höjden 19.67.

För att möjliggöra en kontroll öfver tillförlitligheten af mina beräkningar anger jag här först och främst *dammskibordets* utseende i tvärsektion. Dammkrönet, absolut horisontalt, är skarpt och, utan påsatta fördämningar, med en verksam krönhöjd af + 19.76; dess fria bredd är 45 m. Öfriga mått framgå af figuren. Den formel, som användts för beräkningarna af vattenmängden i sm.[3], är

$$Q = {}^2/_3\, \mu \,.\, b \,.\, h \sqrt{2gh},$$

hvarvid $^2/_3\ \mu = 0.42$
b = fria bredden = 45 m.
h = observerade vattenståndshöjden, minskad med den för tillfället verksamma krönhöjden
$g = 9.81$.

Kanalskibordets skarpa krön har en höjd af + 19.42 eller med påsatt fördämningsbräda + 19.76; dess fria bredd är 27.7 m.

$$Q = {}^2/_3\, \mu \,.\, b \,.\, h \sqrt{2gh},$$

hvarvid $^2/_3\ \mu = 0.42$
$b = 27.7$ m.
h = det öfver skibordskrönet framrinnande vattenlagrets uppmätta tjocklek
$g = 9.81$.

Kanalens ändlucka har en fri bredd af 3.87 m., kanalens tröskel + 18.681, hvadan *h* (prässhöjden) = den observerade vattenståndshöjden minskad med 18.681. Det i kanalen framrinnande vattnets hastighet, *v*, är uppmätt medelst sänkflottörer, afpassade efter det tillfälliga vattenståndet. Medelhastigheten i kanalens midt växlade mellan 0.786 m. i sek. med $h = 0.846$ samt 1 m. i sek. med $h = 1.08$ m.

$$Q = {}^2/_3\, \mu \,.\, b \sqrt{2g}\ [(h + k)^{3/2} - k^{3/2}],$$

hvarvid $^2/_3\ \mu = 0.42$

$b = 3.87$ m.

$g = 9.81$

v = framrinnande vattnets hastighet, mätt i sm.

$k = \frac{v^2}{2g}$

h = prässhöjden (observerade vattenståndshöjden —18.681).

Läckvattnet är så obetydligt, att det lämnats ur räkningen. Ingeniör W. E. Gagner skattar detsamma till ej fullt 1 sm³. Också vid skattandet af $^2/_3\,\mu$ till 0.42 följer jag ingeniören Gagner, som konstruerat dammbyggnaderna i fråga och således måste anses mer än någon kompetent i denna värdering.

Med hjälp af ofvanstående formler uträknades den på de nämnda tre skilda vägarna framrinnande vattenmängden i sm.³ för hvarje dag af observationsåret 1903—1904. Till dessa 366 slutsummor fogades sedermera 90 nya för innevarande års tre första månader.

Detta stora antal, 456, på förut nämndt sätt bestämda afrinningsmängder lades till grund för mina beräkningar angående afrinningens förhållande till vattenståndet, uppmätt vid Johansfors under de sist förflutna sex åren af stationsinspektoren J. A. Hempel.

Vid en sammanställning af afrinnings- och vattenståndssiffrorna blef det mig snart påtagligt, att en del afrinningssiffror måste utrangeras; detta gäller hufvudsakligen lågvattensmängdernas. Vid lågvatten, då det är af vikt att tillvarataga så mycket som möjligt af vattnet, påsättas allt högre och högre fördämningar, så att intet går öfver skiborden. Under vissa dagar släppes vattnet fram endast genom turbinerna, under andra äro också dessa aflopp, liksom ändluckan, stängda, hvarvid den uppmätta afrinningen blir = 0.00, utan att vattenståndet vid Johansfors denna dag är lägre än t. ex. föregående. När så ändtligen vattnet i samlingsbassängen stigit tillräckligt, och man låter det afrinna, visar sig afrinningen direkt gå upp från 0.00 den ena dagen till exempelvis 13.75—12.40 sm.³ den andra. Denna osäkerhet gäller dock egentligen endast vattenmängdsberäkningarna vid vattenstånd närmande sig nivån för normalt lågvattenstånd, d. v. s. enligt här användt normalplan 8.20 m.

Också en annan omständighet bör här anmärkas. Vattenståndsobservationerna för perioden 1900—1906 äro tagna vid Johansfors, 4 kilom. ofvanför Oskarström och

mellan kl. 1 och 2 e. m.; mätningarna vid Oskarström äro utförda kl. $^{1}/_{2}$ 6 f. m. Vattnet behöfver med normal hastighet för vägsträckan Johansfors—Oskarström, ungefär 2 timmar. För att mätningarna vid Oskarström skulle kunna direkt jämföras med de vid Johansfors gjorda, borde de vara utförda emellan kl. 3 och 4 e. m. och ej, så som nu är fallet, kl. $^{1}/_{2}$ 6 f. m. Vid jämförelse emellan vattenstånds- och afrinningskurvorna (fig. 12) framträder stundom ganska tydligt, huru t. ex. ett maximum i vattenståndets höjd motsvaras af ett maximum i afrinningens storlek, men först för följande dag; stundom däremot motsvaras en viss dags maximum i vattenståndet af ett maximum i afrinningen för samma dag.

Af det sagda framgår, att man ej alltid kan direkt från en vattenståndssiffras storlek beräkna afrinningens; vid konstans i vattenståndets höjd under några dagar liksom under en jämn och långsam höjning eller sänkning af detta erhållas visserligen direkt användbara värden för beräkningen af afrinningens storlek; däremot äro ej de värden, som erhållas vid början eller slutet af häftiga oscillationer, användbara, ej heller de, som fås vid exceptionellt lågvattenstånd.

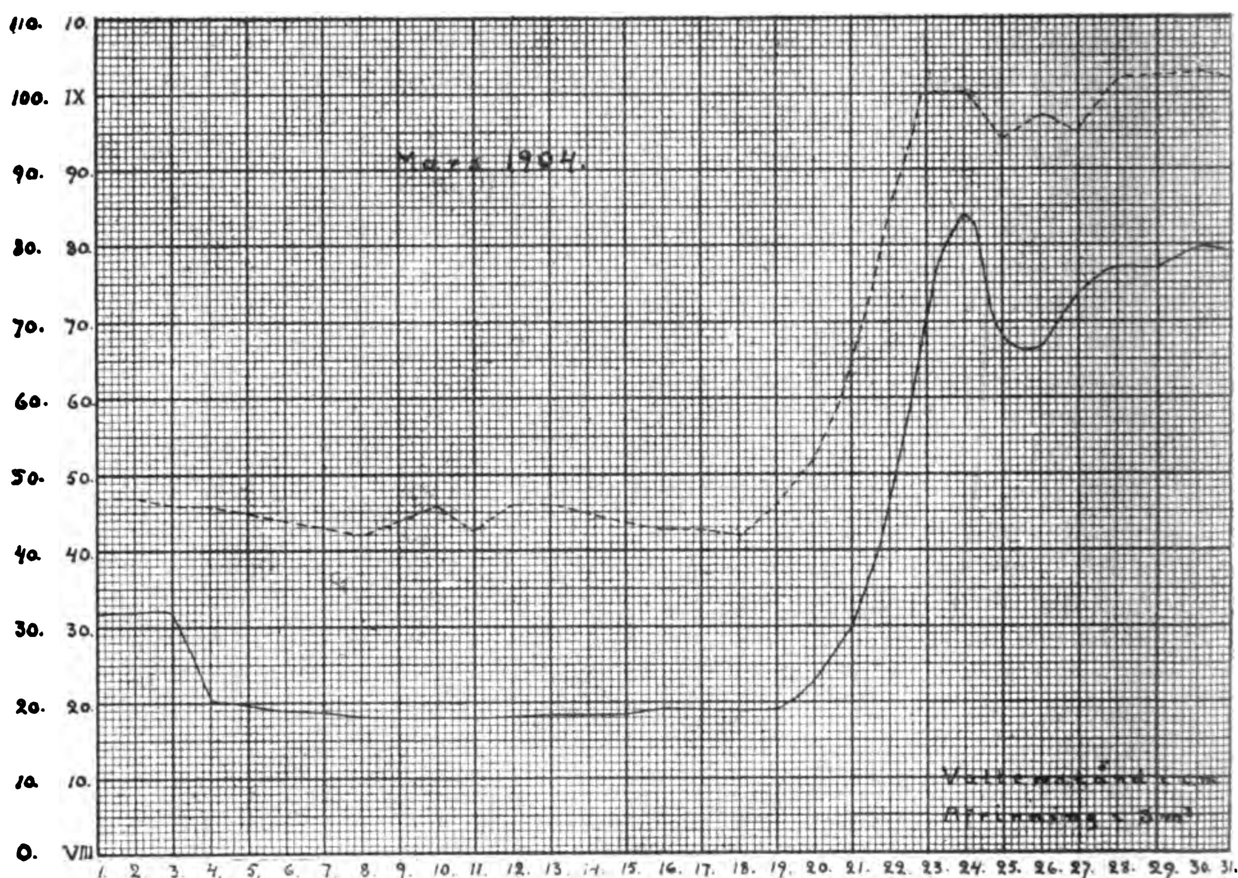


Fig. 12. Jämförelse emellan vattenståndets höjd (i cm) vid Johansfors (– – – –) och afrinningens storlek (i sm.^{3}) vid Oskarström (———) de olika dagarna af mars månad år 1904.

För att emellertid möjliggöra en valvering af alla vattenståndshöjder inom observationsgränserna till värden för afrinningen lät jag på ett vanligt millimeterrutpapper hvarje af abscissans millimeter beteckna en afrinning på 1 sm.^{3} och hvarje millimeter på ordinaterna motsvara en vattenståndshöjning på 1 cm.

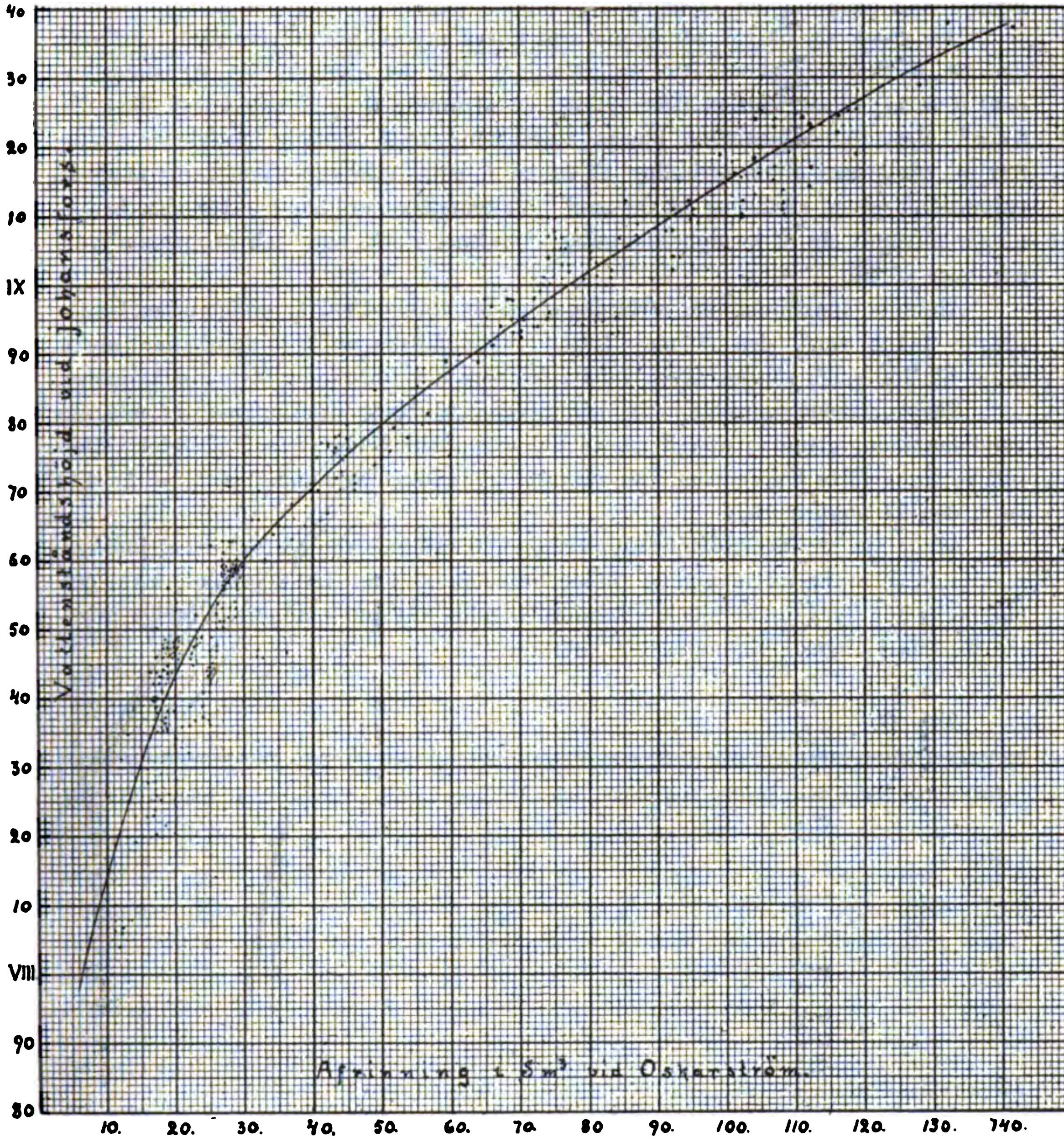


Fig. 13. Afrinningsdiagram för Nissan vid Oskarström, grundadt på relationen emellan uppmätta afrinningsmängder vid Oskarström och motsvarande dags vattenstånd vid Johansfors. Punkterna ange de olika observationernas inbördes förhållande.

Sedan hvart och ett af de observerade värdena införts på sina resp. platser, kunde kurvans läge fullt bestämdt angifvas (fig. 13).

Med hjälp af denna kurva bestämdes sedermera den afrinning i sm.^{3}, som svarade emot de vid Johansfors utförda vattenståndsmätningarna för hvarje observationsdag under åren 1899—1906. Månadsmedeltalen från dessa beräkningar sammanställas i nedanstående tabell *G*.

Det visade sig härvid, att denna min kurva mycket nära öfverensstämmer med den af K. Vattenfallskommittén upprättade.[1]) För det exceptionella lågvattenståndet, 8,00 m., anger Vattenfallskommittén en afrinning 6 sm.^{3}, min kurva likaledes 6 sm.^{3} Vattenfallskommitténs högsta vattenstånd med samtidig hastighetsmätning 8.87 m., motsvaras af en afrinning på 52 sm.^{3}, enligt min kurva motsvaras nämnda vattenstånd af en afrinning på 59 sm.^{3} Vattenfallskommittén har för sina beräkningar användt sig af hastighetsmätning af vattnet i sek. met. och noggranna tvärsektioner af ån.

Absoluta maximum för afrinningen under 1900—1906 är enligt mina beräkningar 141.16 sm.^{3}, den 6 maj 1904. Vattenfallskommittén uppskattar maximum till 150 sm.^{3}; således äfven i detta fall nära nog fullständig öfverensstämmelse.

Något absolut minimum för afrinningen kan helt naturligt med af mig använd beräkningsgrund ej uppgifvas, då vid exceptionellt lågvattenstånd intet vatten tillåtes rinna förbi Oskarström. Det säkraste minimum, jag kunnat beräkna, är 4.59 sm.^{3}, den 11 augusti 1904.

Af de sju här behandlade, fullständiga observationsåren ha fyra sitt afrinningsmaximum i april; ett maximum tillhör hvardera af månaderna januari, mars och oktober. För fyra år af sju äro minima bundna vid juli månad; de öfriga minima inträffa i augusti, september och oktober.

Tab. G.

1899	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Årssumma	Medeltal
1899										(39)	59	(61)		
1900	(61)	(52)	47	115	37	15	13*	17	27	85	79	103	651	54
1901	53	32	31	112	28	25	13	9	6*	7	27	25	368	31
1902	64	22	30	33	37	23	13*	22	26	35	27	20	352	29
1903	72	82	82	76	36	14	11*	35	76	91	40	26	641	53
1904	28	29	32	110	73	16	12	12	11*	19	33	98	473	39
1905	52	37	52	57	46	16	11*	27	56	32	29	37	452	38
1906	41	36	77	39	31	17	9	8*	8*	8*	11	20	305*	25*
1907	27	17	22											

Tabell G, angifvande i sm.^{3} Nissans afrinning vid Oskarström; siffrorna inom ( ) = månadsmedeltal af månader, från hvilka ej fullständiga observationsserier föreligga.

[1]) Betänkande, afgifvet den 17 mars 1903 af Vattenfallskommittén, Bilag., Afrinningskurvor, Pl. CVII.

För att kunna mera direkt jämföra afrinningsmängden med nederbördens storlek omräknades ofvanstående sm.^{3} till mm. per månad öfver hela dräneringsarean ofvanför Oskarström, 2,260 kv.-kilom.

Tab. H.

	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	S:ma
1899										(46)	68	(72)	
1900	(72)	(56)	56	131	44	17	15*	20	31	101	90	122	755
1901	63	34	37	127	33	28	15	11	6*	8	31	30	423
1902	76	24	36	38	44	26	15*	26	30	41	31	24	411
1903	85	88	97	86	43	16	13*	42	86	108	46	31	741
1904	33	32	38	125	87	18	14	14	13*	23	38	116	551
1905	62	40	62	65	55	18	13*	32	64	38	33	44	526
1906	49	39	91	44	37	19	11	9*	9*	9*	13	24	354*
1907	32[1]	18[1]	26[1]										
Medeltal	63	45	59	88	49	20	14*	22	34	47	41	56	538

Tabell H, angifvande i mm. Nissans afrinningsmängd vid Oskarström för de ofvanför Oskarström liggande delarna af dräneringsområdet, beräknadt till 2,260 kv.-kilom. Siffrorna inom parentes = medelvärden från ofullständiga observationsserier. [1] Angifver värdena från 1907, hvilka ej ansetts böra ingå i månadsmedeltalen.

6. Jordarternas genomsläpplighet.

I ett område, så jordtäckt som Nissans, infiltreras gifvetvis en stor del af nederbörden i de lösa jordlagren. De af dessa, som inom Nissans dräneringsarea intaga de mest betydande områdena, äro moränn, rullstensbildningar och mosand, i ordning efter storleken af den yta de betäcka.

Moränen har det för urbergsmoränen i Sverige vanliga utseendet, bestående af fint slam (finler), mo, sand, grus och block; för öfrigt växlar dess sammansättning i mycket hög grad. I a. kan man säga dess effektiva kornstorlek (se här nedan) vara betydligt mindre än mosandens, närmande densamma till de finare sandslagen med långsam kapillärrörelse hos vattenpartiklarna och med svag och långsamt verkande imbibitionsförmåga. I andra fall är det fina detritusmaterialet bortslammadt och moränen består enbart af sand, grus och block. Att under sådana förhållanden försöka med en siffra ange medeltalet för moränens kapillaritetsgräns, hastigheten för vattenpartiklarnas kapillära rörelse o. s. v., vore ytterligt vanskligt. Så mycket vågar jag emellertid påstå, att det endast är vid de fall, då moränen är genomblöt, som någon del af nederbörden sänker sig under densammas kapillaritetsgräns.

Rullstensgruset. Ehuru naturligtvis äfven i fråga om rullstensbildningarnas utseende och sammansättning starka växlingar kunna påpekas, måste de dock i stort sedt sägas bilda en ganska enhetlig typ. Sedan en optisk analys af prof

från olika delar af områdets rullstensåsar öfvertygat mig, att dessa till utseendet ganska varierande jordarter med afseende på sin genomsläpplighet af vatten mycket nära öfverensstämma med hvarandra, lät jag verkställa en mekanisk analys af material från rullstensåsen S. om Smålandsstenar. Analysen (sållning och slamning) utfördes af doktor A. ATTERBERG å kemiska stationen i Kalmar.

Grus (20—2 mm.)	20—6 mm.	5 %	13 %
	6—2 »	8 %	
Sand (2—0.2 mm.	2—0.6 »	52 %	83 %
	0.6 —0.2 »	31 %	
Mo (0.2—0.02 mm.	0.2 —0.06 »	4 %	4 %
	0.06—0.02 »	—	

Omräknas dessa resultat efter HAZENS metod [1]), framgår följande:

genom	såll	med	20	mm.	maskor	gå	100 %
»	»	»	6	»	»	»	95 %
»	»	»	2	»	»	»	87 %
»	»	»	0.6	»	»	»	35 %
»	»	»	0.2	»	»	»	4 %
»	»	»	0.06	»	»	»	0 %

HAZEN inför för tvenne synnerligen viktiga förhållanden med afseende på kornens storlek i en jordart tvenne nya termer: *effektiv kornstorlek* och *likformighetskoefficient*. Den effektiva kornstorleken är, såsom namnet antyder, bestämmande för genomsläppligheten. Sådan denna skulle te sig, om jordarten bestode af idel likstora korn af t. ex. 0.3 mm. diameter, så ter den sig också, om jordarten sammansättes till 10 % af korn mindre än och till 90 % af korn större än 0.3 mm., detta under förutsättning att likformighetskoefficienten ej öfverstiger talet 5. För att erhålla denna koefficient få vi först bestämma storleken hos de partiklar af profvet, som äro sådana, att 60 % af detta äro mindre och 40 % af detsamma äro större än jordpartiklarna i fråga; den således på gränsen mellan 60 och 40 % liggande kornstorleken divideras med den effektiva. För rullstensgruset är den effektiva kornstorleken 0.32 mm. och likformighetskoefficienten = 3.

En effektiv kornstorlek på 0.32 mm. ger enligt SLICHTERS tabell IV [2]) en genomsläpplighet af 35 mm. i minuten, under antagande af normal porositet, 32 %, och en temperatur af 10° C., samt att vattnet kan röra sig fritt i vertikal riktning.

Genom direkta experiment, utförda dels af doktor ATTERBERG dels af mig, visade sig rullstensgrusets genomsläpplighet, beräknad för en tidslängd af en minut,

[1]) SLICHTER. The motions of underground waters, Unit. States Geol. Surv., Water supply and Irrig. Papers, N:r 67.

[2]) loc. cit., pag. 27.

gå till 37.5—39 mm.; således nära nog på siffran samma tal, som jag erhållit vid beräkning från den effektiva kornstorleken (= 0.32 mm.). Försöken utfördes på det sätt, att långa glasrör påfylldes till 0.5 meters höjd med rullstensgrus. Sedan detta väl omskakats och genomfuktats, påfylldes vatten, beräknadt för en pelare af 50 mm. ofvanför gruset; på 80 sekunder enligt ATTERBERGS, på 75 à 76 sek. enligt mina försök, sjönko dessa 50 mm. vatten ned i gruset.

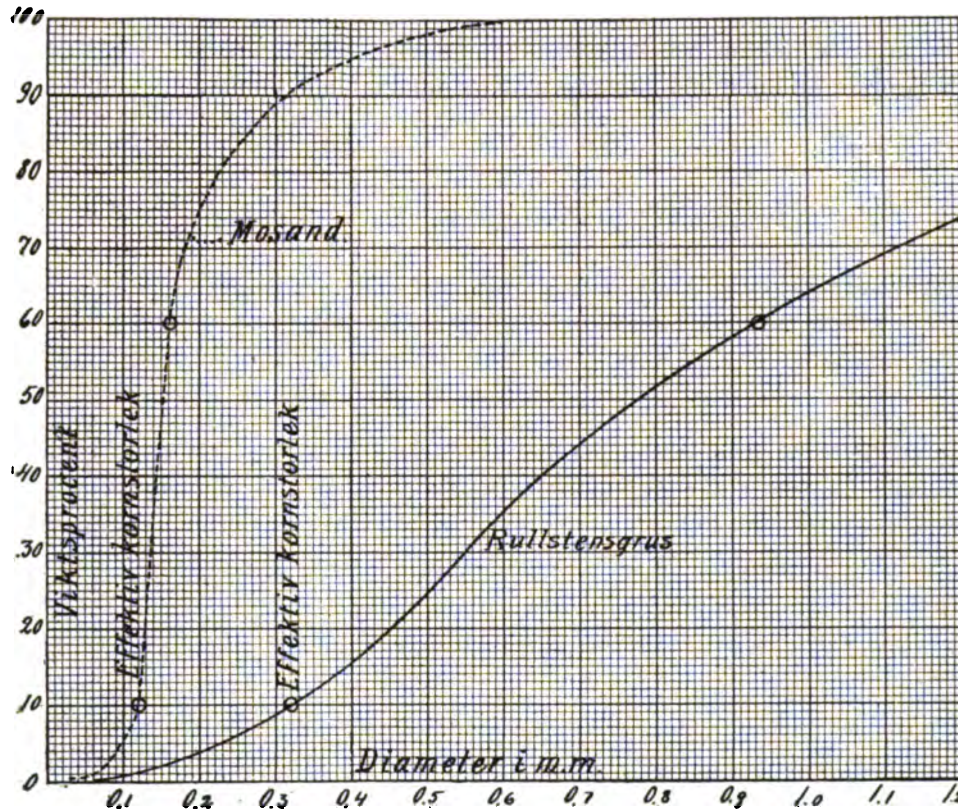


Fig. 14, angifvande kornstorleken i % af viktsmängden hos rullstensgruset och mosanden från Nissans dräneringsområde.

För att emellertid försöken skulle så nära som möjligt ansluta sig till verkligen fallande nederbördsmängder, varierades desamma så, att rullstensgruset i torrt och i fuktigt tillstånd bevattnades med vattenpelare af följande höjd:

0.7, 2.8, 10.1, 22.7 och 31 mm.

Doktor ATTERBERG, som på min begäran utförde dessa försök, lämnar om desamma följande meddelande.

1. *Torrt grus.* 0.7 och 2.8 mm. vatten fuktade endast grusets yta. 10.1 mm. vatten nedträngde så småningom ned till 100 mm. djup, men ej under denna gräns, som antagligen betecknar kapillaritetsgränsen. 22.7 mm. vatten sänkte sig under nyss nämnda gräns och hade på 40 min. hunnit ned till 280, på 80 min. till 300 mm. djup. I detta fall torde två tredjedelar, 15 mm., af vattnet hafva nedsjunkit

under kapillaritetsgränsen. Vid ännu starkare bevattning sjönk proportionsvis ännu mera vatten ned under nämnda gräns; ofvanför densamma stannar ej mera än ungefär 5—6 mm.

2. *Vått grus.* Allt det vatten, hvarmed den påförda vattenpelarens höjd öfverstiger 5—6 mm., sjunker hastigt mot djupet.

Mosanden. Denna jordart är mycket likformigt byggd, hvadan resultaten af en mekanisk analys på densamma bli säkrare och allmängiltigare än för de här ofvan behandlade morän- och rullstensbildningarna. Det af doktor ATTERBERG analyserade profvet är taget vid järnvägen, NO. om Smålandsstenar.

Sand		0.6 —0.2 mm.	24 %	24 %
Mo	0.2—0.02 mm.	0.2 —0.06 mm.	75 %	76 %
		0.06—0.02 mm.	1 %	

eller omräknadt, såsom här ofvan är gjordt med rullstensgruset:

genom såll med maskor på 0.6 mm. gå 100 % af sanden
» » » » » 0.2 » » 76 % » »
» » » » » 0.06 » går 1 % » »

Enligt den på grundvalen häraf upprättade kurvan (fig. 14) är den effektiva kornstorleken = 0.11 mm.; likformighetskoefficienten = 1.5. SLICHTERS tabell för maximum af genomsläpplighet ger för 0.11 mm. effektiv kornstorlek en rörelsehastighet af 2.8 mm. pr minut. De på mosandens genomsläpplighet riktade, direkta experimenten, utförda på samma sätt som ifråga om rullstensgruset, gåfvo vid handen, att för imbibitionen af en vattenpelare på 50 mm. behöfdes 16 minuter = 3.1 mm. pr minut.

Om till grund för en jämförelse emellan rullstensgrusets och mosandens genomsläpplighet läggas de gjorda experimenten, få vi grusets genomsläpplighet 12 gånger större än mosandens. De efter HAZEN's och SLICHTER's metoder utförda beräkningarna ange rullstensgrusets genomsläpplighet 12 ½ gånger större än mosandens; resultaten äro, som vi finna, nära nog fullständigt identiska.

Vid vattningsförsöken med samma vattenmängder, som användes för bevattning af rullstensgruset, framkommo följande resultat:

1. *Torr sand.* Såväl 0.7 som 2.8 mm. vatten stannade i sandlagrets ytpartier, 10.1 mm. vatten nedsjönko ungefär 30 mm., 22.7 mm. vatten ungefär 70 mm. och 31 mm. vatten c:a 110 mm. Eftersom kapillaritetsgränsen vid mosandens kornstorlek kan beräknas ligga på ungefär 350 mm. djup, finna vi, att icke ens en vattenpelare på 31 mm. hinner mer än ⅓ af detta djup. Under antagande af, att den genom experimenten angifna proportionen bibehålles emellan den påfyllda vattenpelarens höjd och det djup, densamma uppnår, skulle en samlad vattenpelare på c:a 65 mm. erfordras, för att vattnet skulle kunna sänka sig ned till kapillaritetsgränsen för denna mosand i torrt tillstånd.

2. *Fuktig sand.* De pågjutna vattenkvantiteterna sänka sig något under de här ofvan för torr sand angifna gränserna. Är sanden genomblöt, sjunker en större del af det påförda vattnet ned under kapillaritetsgränsen.

Under det således moränen och mosanden, endast om de äro genomblöta, släppa något af en normal nederbördsmängd ned under kapillaritetsgränsen, är det för rullstensgrusets vidkommande regel, att endast svagare regn, eller, vid torka, regn intill 10 mm. stanna inom kapillaritetszonen; det mesta af den på rullstensbildningarna fallande nederbörden, och under våta perioder så godt som hela denna, sjunker raskt ned under kapillaritetsgränsen och är således under normala förhållanden skyddadt för uppsugning mot jordytan i följd af ytafdunstningen.

7. Afrinningen i förhållande till nederbörden.

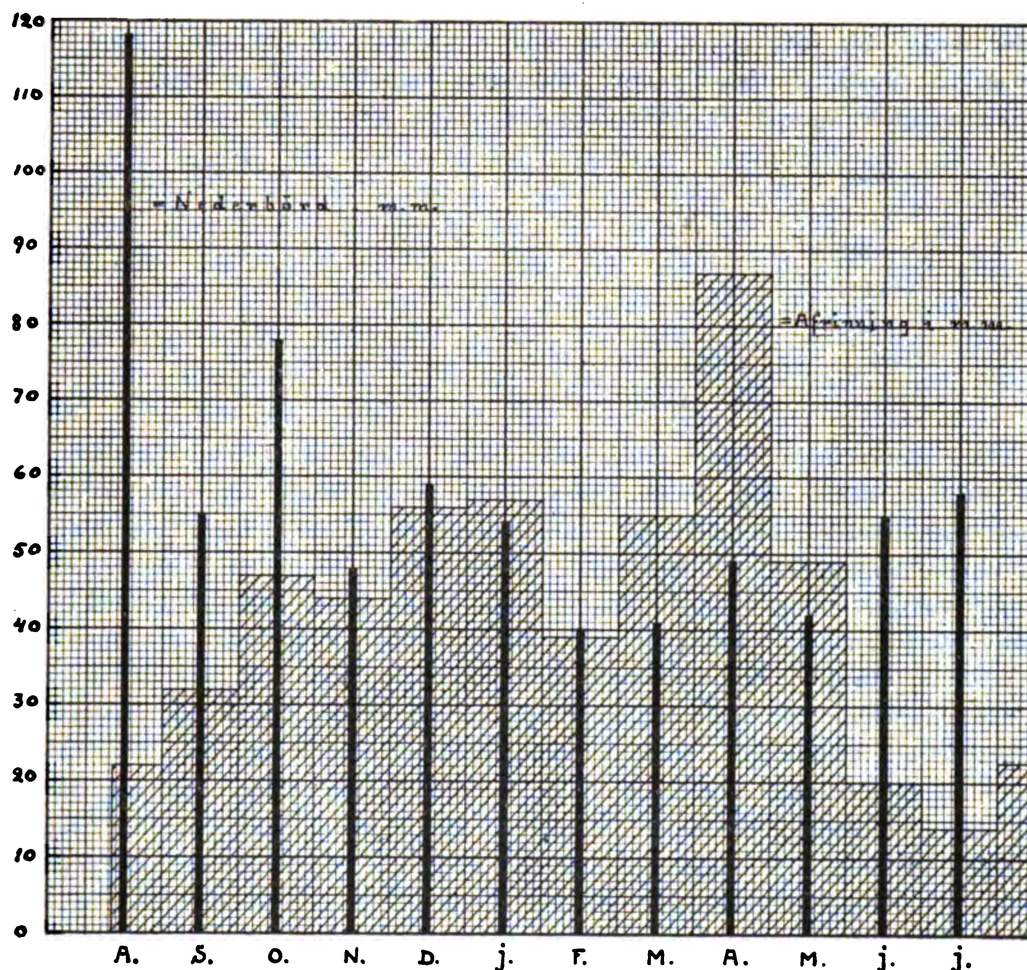


Fig. 15, angifvande förhållandet emellan nederbörden i mm. och afrinningen i mm. öfver hela den ofvanför Oskarström liggande delen af dräneringsarean, 2,260 kv.-kilom., beräknadt efter månadsmedeltalen för perioden 1900—1906.

Sedan afrinningsvärdena för de olika månaderna af åren 1900—1906 och ur dessa månadsmedeltalen blifvit beräknade, återstod att jämföra dessa värden med motsvarande för nederbörden. Förhållandet mellan dessa värden ställer sig, såsom fig. 15 visar, mycket växlande. Under juni, juli, augusti, september och oktober är nederbörden mycket starkare än afrinningen, särskildt gäller detta för augusti. Under mars, april och maj äger det motsatta förhållandet rum, i det dessa månaders afrinning är betydligt starkare än nederbörden; största skillnaden inträder i april. Under årets öfriga månader, november, december, januari och februari äro nederbörd och afrinning ungefär lika starka, eller afrinningen starkare än nederbörden.

Detta, att afrinningen för en månad kan vara starkare än samma månads nederbörd, förutsätter gifvetvis en föregående magasinering, och man kommer därvid ovillkorligen att i första hand tänka på nederbörden under form af snö. Redan i oktober faller något snö; snödagarnas antal växer genom november och når sitt maximum i december och januari för att sedan aftaga, först sakta, sedan raskare. Under maj, juni, juli, augusti och september fanns under åren 1901—1906 ingen snödag. Nedanstående tabell visar snödagarnas antal såsom medeltal för vintermånaderna under åren 1901—1906; observationerna gjorda vid Kinnared.

Oktober	0.6	snödagar.
November	3.4	»
December	6.0	»
Januari	6.4	»
Februari	5.2	»
Mars	5.2	»
April	3.4	»

Den starka afrinningen under mars och särskildt april beror säkerligen till stor del på afsmältning af de kanske delvis ännu från föregående år stammande snömassorna. Snötäcket brukar vara bortsmält från de lägre delarna af åns dräneringsarea omkring den 1 april, från de högre omkring den 15 april. Häraf framgår å andra sidan, att det hydrologiska året ej kan anses sammanfalla med kalenderåret, då ju en del af de under t. ex. 1906 på våren afrinnande vattenmassorna härstammar från 1905 års snönederbörd.

Härmed förklaras emellertid ej alla egendomligheter i förhållandet mellan nederbördens och afrinningens storlek, sådant detta framgår af fig. 15.

Från april månads maximum sänker sig afrinningsmängden under maj, hastigt närmande sig den industriella lågvattensmängden, detta ehuru maj månads nederbörd är fullt så stark som t. ex. mars månads. Under juni tilltar nederbörden i massa, den afrinnande vattenmängden blir allt mindre; denna når sitt minimum under juli, ehuru nämnda månads nederbörd i medeltal är större än maj månads.

För maj	afrinningen :	nederbörden	= 116 : 100.
» juni	»	»	= 36 : 100.
» juli	»	»	= 24 : 100.

Således i stort sedt gäller för perioden maj, juni och juli: nederbördsmängden stiger, den är minst i maj och störst i juli, afrinnande vattnets mängd faller, den är störst i maj, minst i juli. De härvid verksamma faktorerna äro stark afdunstning och absorption.

I följd af växternas vattenabsorption och allmän afdunstning från dräneringsareans hela yta måste vatten så godt som ständigt pumpas upp från den ej mättade, ytliga grundvattenszonen, eller, om vi så vilja, kapillaritetszonen. Vattnets rörelse inom denna zon går åt två håll. Under starka nederbördsdagar, då växterna och afdunstningen ej hinna tömma förråden lika fort, som nya tillföras, sker vattnets rörelse nedåt, mot den djupare liggande zonen. Vid torka däremot, då ytafdunstningen är stark, och då växterna måste söka fylla sitt behof af vatten från redan i jorden befintlig fuktighet, lider den öfre grundvattenszonen stora förluster; dessa täckas, så vidt möjligt är, genom en uppsugning från djupare delar af grundvattensmassan. Härvid tydligtvis en vattenrörelse nedifrån uppåt, möjliggjord genom kapillärkraften.

Ehuru således under maj, juni och juli regnen ingalunda äro obetydliga, blir deras effekt på afrinningens storlek ej betydande, i det de åtgå till ersättande af genom afdunstning och absorption lidna förluster i grundvattenszonen. Någon uppsamling äger ej rum under dessa månader; tvärtom, de förut möjligen förefintliga förråden uttömmas, så långt ske kan.

Augusti månad har för den här afhandlade perioden att uppvisa nederbördsmaxima (sid. 18) under flera år; också månadsmedeltalen för hela perioden visa för augusti ett starkt markeradt maximum, och likväl är den under augusti afrinnande vattenmassan obetydlig, knappast större än under juni, hvars nederbördshöjd ej når till hälften af augusti månads (fig. 15). Nederbörden: afrinningen $= 5:1$. Den större förlusten, skillnaden emellan nederbörd och afrinning, för augusti kan ej tänkas bero på starkare afdunstning från jordytan eller lifligare transpiration och därmed sammanhängande absorption från växternas sida. Augusti månads nederbörd åtgår säkerligen till största delen till fyllande af de under maj, juni och juli starkt i anspråk tagna grundvattensreservoarerna, med andra ord till återställande af det under närmast föregående månader starkt rubbade jämviktsförhållandet inom de i jordlagren framrinnande vattenmassorna.

Denna period för påfyllnad omfattar utom augusti också september och oktober. Under dessa sistnämnda månader är nederbörden ännu 1.7 gånger större än afrinningen; d. v. s. ungefär endast 59 % af nederbörden afrinna direkt genom ån, under det 41 % ta andra vägar. Någon ringa del af nederbörden under dessa månader faller gifvetvis som snö, men oktobersnön i dessa trakter uppmagasineras ej utan smälter nära nog genast och kan således ej anses såsom besparing för följande period eller förlust för den med afseende på oktoberafrinningen effektiva oktobernederbörden. Huru stor afdunstningen är under dessa månader, kan f. n. ej bestämmas; den kan naturligtvis i alla fall betecknas såsom relativt liten, liksom växternas vattenuppsugning vid denna årstid är obetydlig, äfven om en nybildning af rotorgan pågår ända fram

till den egentliga vinterns början. Det mesta af det i afrinningen ej ingående nederbördsvattnet upptages säkerligen af de lösa jordlagrens porositeter för att vid starkare regn sänka sig under kapillaritetsgränsen och, således undandragande sig afdunstningen, bidraga till ökningen af den ofvanpå något, praktiskt taget, vattentätt skikt framrinnande grundvattenströmmen.

Med november inträder ett omslag i nederbördens och afrinningens förhållande till hvarandra, i det denna månads afrinningsmängd belöper sig ända till 92 % af nederbörden. Under december blir öfverensstämmelsen emellan nederbörd och afrinning ännu större; den senare utgör 97 % af den förra. Under januari är den bortrinnande vattenmassan större än nederbörden; afrinningen : nederbörden = 107 : 100. Afrinningen för februari är i det närmaste lika stor som den under månaden fallande nederbörden, under det däremot för mars månad afrinningen : nederbörden = 134 : 100. Under april når afrinningen sitt maximum; afrinningen: nederbörden = 180 : 100. Den utomordentligt starka afrinningen mot slutet af denna period, särskildt under april, beror i väsentlig grad, såsom förut anförts, på en afsmältning af den under föregående månader magasinerade snön. Låt vara, att vi också i snömältningen ha en af orsakerna till den starka afrinningen under mars. Men huru förklara, att under november, december och februari afrinningen är så godt som lika stor med nederbörden, eller att den under januari är något större än nederbörden och detta, ehuru den nederbörd som faller i form af snö, ej kan direkt afrinna?

För Dalelfvens vidkommande[1]) inträder visserligen under april och maj en afrinning, som är starkare än nederbörden, och som får sin förklaring i snösmältningen; de egentliga vintermånadernas afrinning är däremot genomgående mindre än samma månaders nederbörd.

Nissan framflyter i en bädd af rullstens-, morän- och mosandmaterial på en berggrund af gneisgranit. Genomsläppligheten och uppsugningsförmågan hos rullstensgruset kan för alla fall betecknas såsom mycket stor (se sid. 35—38). När så under augusti, september och oktober de förut uttömda förråden i de ytligare lagren återställts, kapillaritetszonens porer blifvit fyllda med vatten och ytafdunstningen är obetydlig, stiger genomsläppningsförmågan också för de finkorniga jordarterna, moränen och mosanden (sid. 39). Grundvattenströmmen påfylles allt högre samt rör sig nedåt och mot floden, efter hand förenande sig med dennas vattenmassor, åstadkommande, att vintermånadernas afrinning blir lika stor som eller större än samma månads nederbörd, helst som, då marken är frusen, en ojämförligt större procent af nederbörden kan direkt afrinna än under andra förhållanden.

Det hydrologiska året för Nissan delar sig sålunda helt naturligt i tre perioder:

1. *Uppsamlingsperioden*, utmärkt genom stark nederbörd, af hvilken dock i medeltal endast 43 % direkt afrinna; omfattar augusti, september och oktober.

2. *Afrinningsperioden*, utmärkt därigenom, att afrinningen är starkare än nederbörden; den förra förhåller sig till den senare som 1.27 : 1; tillskottet härstammar från grundvattenströmmar, som anrikats under föregående period; omfattar november, december, januari, februari, mars och april.

---

[1]) A. Wallén. Régime hydrol. du Dalelf, Bull. Geol. Inst. Upsala, N:r 1, Vol. 8, sid. 58.

3. *Afdunstningsperioden*, utmärkt därigenom, att afrinningen är obetydlig, utgörande endast 54 % af nederbörden; förlusten beror på stark afdunstning och växternas absorption; omfattar maj, juni och juli.

Denna tredelning af det hydrologiska året är fullt naturlig, framgången som den är af rent naturliga orsaker; däremot skulle jag önskat, att gränserna emellan årets tre perioder kunde lagts något annorlunda. Gränsen emellan uppsamlings- och afrinningsperioden växlar naturligtvis under skilda år; den ligger dock oftast ungefär vid midten af november. Likaså kunde nog första hälften af maj räknas till afrinningsperioden och andra hälften till afdunstningsperioden. Som skillnaden emellertid ej blir af någon betydande art, och eftersom det faller sig obekvämt att så dela en månad i två skilda hälfter, har jag stannat vid de här ofvan angifna gränserna för de olika perioderna.

En naturlig konsekvens af det anförda blir också att låta det hydrologiska året börja med augusti månad och sluta med juli. Under juli samlas intet öfverskott af vatten, som skulle afrinna först följande hydrologiska år; i följd af stark afdunstning, direkt eller genom växterna, tages det förut samlade i anspråk; med det nya året ny räkning.

Tab. I.

	1900—1901			1901—1902			1902—1903			1903—1904		
	Nederbörd	Afrinning	Förlust eller vinst	Nederbörd	Afrinning	Förlust eller vinst	Nederbörd	Afrinning	Förlust eller vinst	Nederbörd	Afrinning	Förlust eller vinst
Uppsamlingsperioden.	338	152	— 186	141	25	— 116	230	97	— 133	359	236	— 123
Afrinningsperioden.	332	473	+ 141	239	235	— 4	304	411	+ 107	251	305	+ 54
Afdunstningsperioden.	132	76	— 56	196	85	— 111	154	72	— 82	146	119	— 27
S:ma	802	701	— 101	*576	*345	— 231	688	580	— 108	756	660	— 96

	1904—1905			1905—1906			Medeltal för 1900—1906			Afrinning i % af årsafrinningen	Afrinning: nederbörden	Nederbörd i % af årsnederbörden
	Nederbörd	Afrinning	Förlust eller vinst	Nederbörd	Afrinning	Förlust eller vinst	Nederbörd	Afrinning	Förlust eller vinst			
Uppsamlingsperioden.	241	50	— 191	297	134	— 163	268	116	— 152	21 %	43 : 100	38
Afrinningsperioden.	330	383	+ 53	205	300	+ 95	277	351	+ 74	64 %	127 : 100	40
Afdunstningsperioden.	155	86	— 69	150	67	— 83	155	84	— 71	15 %	54 : 100	22
S:ma	726	519	— 207	652	501	— 151	700	551	— 149	100	78 : 100	100

I ofvanstående tabell äro värdena för nederbörden och afrinningen i mm. under de tre hydrologiska årsperioderna ställda sida vid sida jämte skillnaden emellan båda. För uppsamlings- och afdunstningsperioderna är nederbörden större än afrinningen; för afrinningsperioderna är tvärtom afrinningen starkare än nederbörden utom för året 1901—02, då afrinningen var något mindre än nederbörden.

Maximum för nederbörden, 802 mm., träffas under 1900—01, minimum, 576 mm., följande år, 1901—02; detta nederbördsmaximum åtföljes af ett maximum för afrinningen, 701 mm., liksom nederbördsminimum åtföljes af minimum för afrinningen, 341 mm. För att grafiskt åskådliggöra förhållandet mellan nederbörden och afrinningen konstruerades närstående figur 16, inom hvars första afdelning åren äro ordnade i kronologisk följd, medan de däremot i den andra afdelningen äro ordnade efter aftagande nederbördsmängder.

Fig. 16.

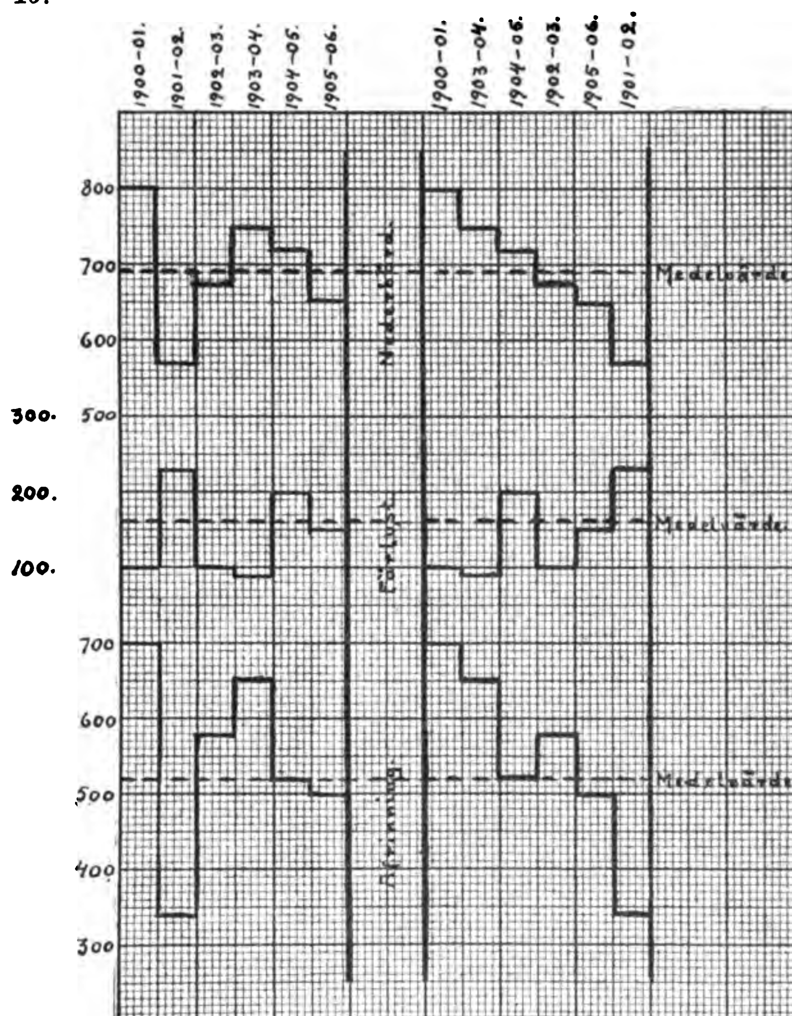


Fig. 16, angifvande Nissaområdets nederbörd, afrinning och vattenförlust för vattenåren 1900—06, allt i mm. och beräknadt för dräneringsarean ofvanför Oskarström, 2,260 kv. kilom.

I allmänhet taget stiger afrinningskurvan med stigande nederbördskurva och sjunker med fallande; men, såsom också framgår af figur 16, särskildt där årsvärdena äro ordnade efter minskning i nederbörden, synes afrinningens förminskning vara relativt större än den denna betingande minskningen i nederbörden, eller, som är detsamma, förlustsiffran blir större för regnfattiga än för regnrika år (jmfr sidd. 50—52, här nedan).

Tab. K.

	Nederbörd	Afrinning	Afrinning i % af nederbörden	Förlust i % af nederbörden
1900—01	802 mm.	701 mm.	87	13
1903—04	756 mm.	660 mm.	87	13
1904—05	726 mm.	519 mm.	72	28
1902—03	688 mm.	580 mm.	84	16
1905—06	652 mm.	501 mm.	77	23
1901—02	576 mm.	345 mm.	60	40

Tabell K, utvisande afrinnings- och förlustprocenten af nederbörden under vattenåren 1900—1906 för Nissans-dräneringsarea ofvanför Oskarström, 2.260 kv.-kilom.

Såsom synes äfven af tabell *K*, besannar sig således för Nissans vidkommande den sedan gammalt kända regeln, att afrinningen är relativt starkare under de regnrikare än under de regnfattigare åren[1]; men af tabellen, liksom af fig. 16, synes också, att år 1904—05 afviker från denna regel.

Efter värdena i tabell *I* har jag konstruerat diagrammen i figg. 17, 18 och 19, där de olika årens nederbördsmängd i mm. är tagen såsom abscissa och afrinningen i mm. öfver hela dräneringsarean ofvanför Oskarström såsom ordinater. Figg. 17 och 18 återge förhållandet mellan nederbörd och afrinning under uppsamlings- resp. afrinningsperioderna, fig. 19 samma förhållande för hela vattenåret. För afdunstningsperioderna komma de ur förhållandet emellan nederbörd och afrinning bestämda punkterna på rutnätet att ligga hvarandra så nära, att de ej tillräckligt tydligt markera läget för afrinningskurvan.

Jämföra vi kurvorna för uppsamlings- och afrinningsperioderna, finna vi dem emellan en påtaglig skillnad. Under uppsamlingsperioden stiger afrinningen i förhållande till ökningen af nederbörden mycket långsammare än under afrinningsperioden; så t. ex. afrinner under den först nämnda vid 200 mm. nederbörd endast 50 mm., d. v. s. icke ens $1/4$ af den under afrinningsperioden vid samma nederbördshöjd afrinnande vattenmassan.

Af tabellen *I*, sid. 43, framgår, att Nissans »afrinningskoefficient», d. v. s. afrinningen i % af nederbörden, är 78 för den här behandlade tiden, 1900—1906. Med afseende på värdet och användbarheten i klassificeringssyfte af denna »afrinningskoefficient» ställer jag mig emellertid mycket tveksam och skulle gärna ingå på RAFTERS förslag att alldeles slopa detta uttryck, som dock hittills nästan

[1]) Jmfr APPELBERG. Bidr. till känned. om den i Sveriges vattendrag framrinnande vattenmängden, Ingeniörsfören. Förh., Årg. 21, sid. 125.

WALLÉN. Rég. hydrol. du Dalelf, Bull. Geol. Inst. Upsala, N:r 1, Vol. 8, sid. 49.

Fig. 17.

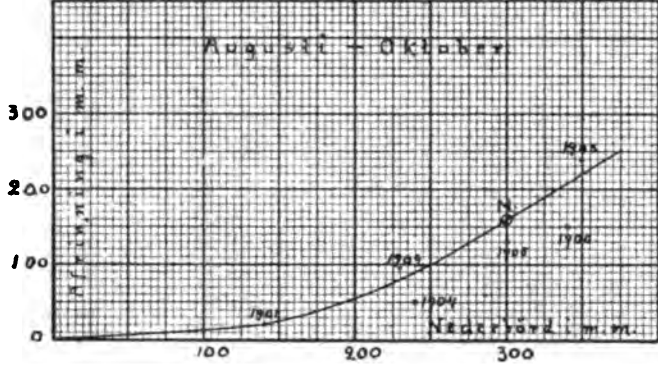


Fig. 17. Diagram, angifvande förhållandet emellan nederbörd och afrinning inom Nissans dräneringsområde under uppsamlingsperioden, augusti, september och oktober månader. M = medelvärden.

Fig. 18.

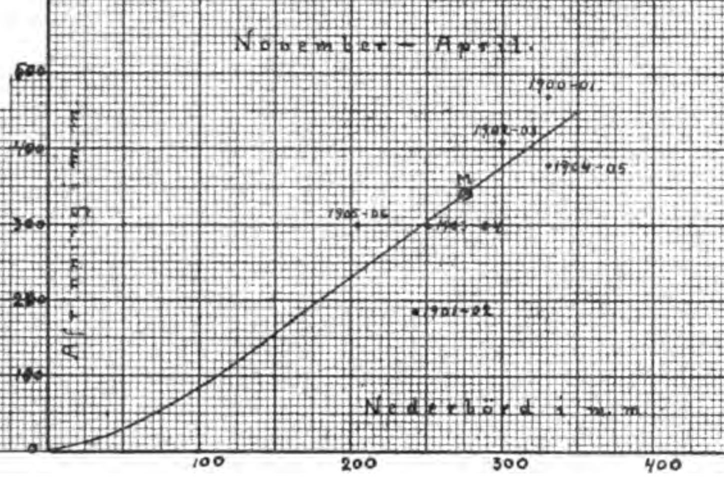


Fig. 18. Diagram, angifvande förhållandet emellan nederbörd och afrinning inom Nissans dräneringsområde under afrinningsperioden, november, december, januari, februari, mars och april månader. M härledt ur 1900—1906 års medelvärden.

Fig. 19.

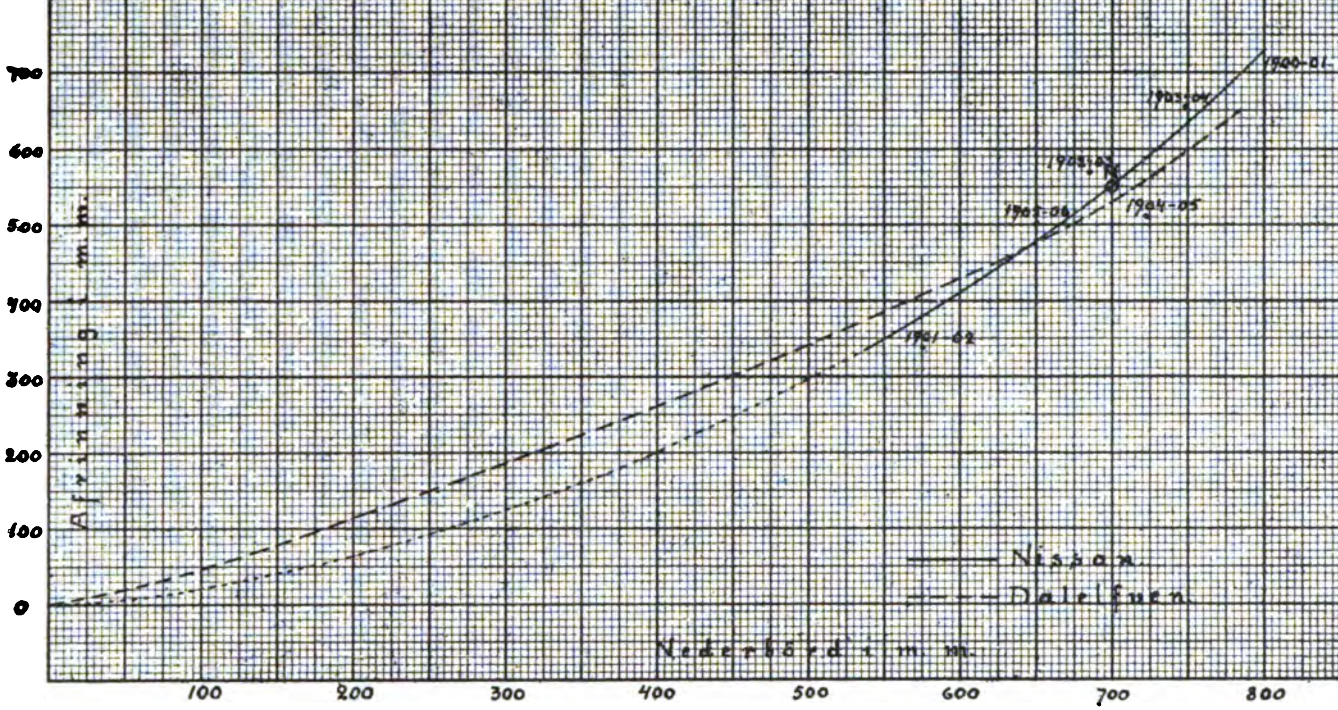


Fig. 19. Afrinningsdiagram för Nissan, konstrueradt på grundvalen af förhållandet emellan nederbörd och afrinning under de olika vattenåren af perioden 1900—1906. M = medelvärdet för hela perioden. För jämförelse är medtagen också Dalelfvens afrinningskurva (efter Wallén).

ansetts som slutmålet för en hydrografisk undersökning, som det slutliga uttrycket i ett ord för de ur en hydrografisk undersökning framgångna resultaten. I dess ställe skulle jag vilja för hvarje dräneringsområde sätta flera sådana afrinningskoefficienter, en för hvarje af vattenårets olika perioder. Beträffande Sverige med dess i norr och söder så olika klimatförhållanden blir det naturligtvis så godt som omöjligt att genomföra en för alla vattendrag gemensam indelning af det hydrografiska året, åtminstone om man därmed afsåge att låta de olika perioderna börja och sluta med samma månader. Under det t. ex. för sydliga delarna af Sverige maj månad, bl. a. genom den redan då lifliga ämnesomsättningen hos växterna, måste räknas till afdunstningsperioden, ligger snötäcket kvar inom de norrländska elfvarnas källområden ännu fram i sista hälften af samma maj månad. I stort sedt torde emellertid den af mig föreslagna indelningen af vattenåret kunna genomföras, och då det vid jämförelse emellan olika floder ej är fråga om absoluta tal utan endast om relativa, sådana som ange förhållandet emellan nederbörd och afrinning, är det kanske ej för djärft att hoppas, att vi i en framtid skola kunna direkt jämföra våra floders afrinning, period med period, utan att behöfva tillgripa denna i många afseenden missvisande utväg, afrinningskoefficienten för vattenåret såsom ett helt.

Mera upplysande är naturligtvis ett afrinningsdiagram, konstrueradt i ett rutnät med rätvinkliga rutor på sätt här ofvan skildrades. Ett sådant afrinningsdiagram för Nissan är reproduceradt i fig. 19, strax här ofvan.

Angående kurvans läge inom de gränser, här behandlade vattenårs nederbördsmängder ange, kan ej råda någon tvekan, då den, såsom af fig. 19 synes, kan dragas, med afrinningskoefficienterna för de skilda åren ordnade tämligen symmetriskt. Att dessa punkter ej sammanfalla med själfva kurvan, beror säkerligen på observationsfel, och enär vattenståndsmätningarna i a. måste anses kunna ge säkrare resultat än nederbördsmätningarna, antar jag afvikelserna bero därpå, att metoderna för nederbördsmätningen ej arbeta med tillräcklig precision. Jag behöfver ej här ingå på en detaljbeskrifning öfver, huru lokala inflytelser, såsom t. ex. mätarens höjd öfver marken, dess plats i lä eller mera öppet för vindar, dess närhet till höga träd o. s. v., starkt inverka på den uppmätta nederbördsmängdens storlek; jag hänvisar till de upplysande observationer, H. E. Hamberg meddelar i sitt arbete öfver Skogarnas inflytande på Sveriges klimat, IV, Nederbörden [1]), och kan också med stöd af dessa påstå, att de vanliga nederbördsmätningarna knappast kunna betraktas såsom annat än approximationer.

Såsom redan förut (sid. 43) anmärkts, blir förlustsiffran i följd af afdunstning, i detta ords allmännare betydelse, relativt större för regnfattiga år än för regnrika. Detta samma framgår med stor tydlighet af diagrammet i fig. 19, som visar, huru t. ex. ett nederbördsår på 400 mm. skulle ha en afrinning på 200, under det ett år med dubbelt så stor nederbörd skulle ha en afrinning på 730 mm.

---

[1]) Bidr. Sveriges offic. Statistik, Bih. Domänstyr. Berätt. rörande Skogsväs. för 1895.

8. Jämförelse mellan Nissans och Dalelfvens afrinningskurvor.

Såsom af fig. 19, sid. 47, framgår, låter Nissan under regnfattiga år en mindre procent af nederbörden afrinna, än hvad fallet är med Dalelfven. Under år, hvilkas nederbördsmängd öfverskrider 650 mm., blir förhållandet omvändt, i det Nissans afrinning då blir mycket starkare i förhållande till nederbörden än Dalelfvens; eller, med andra ord, i fråga om Nissan verkar den vattenförlusten (= skillnaden emellan nederbörd och afrinning) betingande hufvudfaktorn med relativt mindre effekt under de nederbördsrika än under de på nederbörd fattigare åren; i fråga om Dalelfven gör sig denna skillnad i effektiviteten af förlustfaktorns verksamhet mindre märkbart gällande.

Vattenförlusten orsakas hufvudsakligen af afdunstningen. På dennas storlek inverka dels en massa faktorer, som vi känna och kunna kontrollera (lufttrycket, luftens temperatur jämförd med den afdunstande ytans,[1]) luftens fuktighetsgrad, vindstyrkan m. fl.), dels andra mindre noggrannt kända och svårare att bestämma. Det är exempelvis sant, att afdunstningen under för öfrigt samma omständigheter kan vara lika stark från en land- som från en vattenyta, men regeln gäller ej, om det blott blåser så pass starkt, att vattenytan krusas; härvid ökas nämligen afdunstningen från densamma. F. n., då vi i Sverige så godt som alldeles sakna de för en beräkning af afdunstningen nödiga observationerna från de olika flodområdenas dräneringsytor, måste jag anse alla öfverslag öfver afdunstningens storlek inom våra svenska flodbäcken af ringa vetenskapligt värde; sådana beräkningar kunde t. o. m. verka vilseledande.

Afdunstningens absoluta storlek inom Nissans och Dalelfvens områden må f. n. lämnas obestämd; i alla fall kan ensamt fastställandet af de båda områdenas möjligen olika starka afdunstning ej förklara, hvarför Nissans afrinning under regnrika år är starkare, under regnfattiga däremot svagare än Dalelfvens (i båda fallen afrinningen räknad i förhållande till nederbördsmängden).

Också skogarna och särskildt de alltid gröna barrträden synas utöfva ett tydligt inflytande på afrinningens relativa storlek, i det af två dräneringsområden, som för öfrigt äro hvarandra lika, det, som är rikare på sammanhängande, utbredda barrskogar, lämnar större afrinning än det på sådana skogar fattigare.

Enligt Appelberg [2]) utgöres Nissans område till 77.1 % af skogsmarker och impediment, Dalelfvens till 87.2 %. Äfven bortsedt därifrån, att de till Dalelfvens område hörande skogarna äro mera enbart barrskogar samt mera täta och utbredda

---

[1]) Eftersom såväl genom jämförelse af diagram öfver vattenförlusten och öfver medeltemperaturen, som vid uppställande af afdunstningsformler det visat sig, att intet påvisbart samband äger rum emellan afdunstningen och årsmedeltalet för luftens temperatur, har jag i föreliggande arbete ej velat införa den observerade lufttemperaturen vare sig i tabeller eller i diagram.

[2]) Bidr. till kännedomen om den i Sveriges vattendrag framrinn. vattenmängd., Ingeniörs fören. Förh., Årg. 21, sidd. 126 och 127.

sådana än Nissaområdets, skulle således, redan på grund af skogsområdets relativt större areal inom Dalelfvens dräneringsarea, sistnämnda flods afrinning vara relativt starkare än Nissans. Jag vill naturligtvis ej påstå, att detta skulle vara orsaken eller enda orsaken därtill, att Dalelfven under på nederbörd fattigare år verkligen visar en relativt starkare afrinning än Nissan vid samma nederbördsmängd. Säkert är, att därmed ha vi ej fått någon förklaring öfver, hvarför Dalelfven ej också under regnrikare år lämnar relativt starkare afrinning än Nissan.

Af den nederbörd, som faller på ett område, är det säkerligen en mycket mindre del, som afrinner direkt och oförminskad, än man vanligtvis föreställer sig. Det fallande regnet har en stark tendens att, äfven sedan det träffat jordytan, fortsätta i förut innehafd riktning d. v. s. nedåt, och i a. kan man påstå, att nederbörden endast under det villkor afrinner på ytan ned mot den dränerande sänkan, att dess mängd öfverstiger mängden af de vattenkvantiteter, som jordarten i fråga för tillfället kan uppsuga.

Genomsläppligheten hos olika jordarter växlar, såsom redan (sidd. 35—39) framhållits, betydligt; för rullstensgruset är den 12 gånger större än för mosanden och ännu större än för moränen, allt naturligtvis beräknadt för samma tidsenhet. Genomsläppligheten beror i första hand på jordartens effektiva kornstorlek eller, rättare, på den af olika kornstorlek beroende olika storleken af porerna emellan kornen. Ju större sandkorn, desto större porer; desto lättare släppas vattenmassorna fram. För öfrigt beror den mindre betydande genomsläppligheten hos finkornigare jordarter också af en annan omständighet, den nämligen, att, sedan hos sådana jordarter porernas vatteninnehåll bortförts genom afdunstning, dessa fyllas med luft, som i hög grad försvårar, om ej alldeles omöjliggör nederbördsvattnets omedelbara upptagande i jordarten.

För grof, strid sand och grus har det påpekade förhållandet intet att betyda, enär porerna här äro så stora, att vattnet utan svårighet kan undanskjuta luften i desamma och därigenom bereda sig fri genomgång. Den här ofvan anförda siffran 12, såsom angifvande förhållandet mellan rullstensgrusets och mosandens genomsläpplighet, hänför sig till genomfuktade jordarter. Efter en period af torka måste således, såsom framgår af det sagda, grusets genomsläpplighet vara mer än 12 gånger större än mosandens.

Således, om marken ej är frusen, den nederbörd, som faller på rullstensgruset sänker sig direkt ned i detta; ingen del af densamma afrinner på jordytan. Med afseende på den nederbörd, som faller på mosanden och moränen, äro två möjligheter gifna: är sanden eller moränen fuktig, sjunker nederbörden relativt hastigt ned i jordarten, äro de nämnda jordarterna torra, stannar det mesta af regnet på ytan och kan direkt afrinna till dräneringsfåran.

Det i jordarten infiltrerade vattnet sänker sig nedåt och söker nå de vattensamlingar eller -strömmar, som vi med ett gemensamt namn kalla grundvattenströmmar, för att med dessa söka sig fram till ett fritt aflopp, i detta fall till Nissans flodfåra, och där förena sig med det redan på jordytan framrinnande flod-

vattnet. Härvid förhålla sig mosanden och moränen å ena samt rullstensgruset å den andra sidan mycket olika men ej blott sins emellan utan också hvart och ett af de nämnda jordslagen för sig under olika förhållanden, såsom framgår af de sidd. 37—39, här ofvan, skildrade experimenten.

De under en torr sommar på rullstensbildningen fallande regnen måste, för att någon del af desamma skall hinna under rullstensgrusets kapillaritetsgräns, vara relativt starka. Ännu regn på 10 mm. höjd stanna i rullstensgrusets kapillaritetszon och kunna således till sin hela massa med lätthet uppumpas genom ytafdunstningen och bortföras med denna. Är däremot gruset ännu fuktigt efter ett föregående regn, förmår t. o. m. hälften af ett regn på ungefär 12 mm. sänka sig under kapillaritetsgränsen, under det af ett regn på 20 mm. ungefär 15 mm. kunna sjunka ned under nämnda gräns. Under höst-, vinter- och vårsäsongen, då gruset ständigt är genomfuktadt, sänker sig det infiltrerade regnet med nära nog hela sin massa direkt mot djupet. Grundvattenströmmen i rullstensåsens bottenpartier underhålles och förstoras således under fuktigare årstider tämligen direkt af det fallande regnet; dess rörelse ofvanpå det vattentäta underlaget följer noga dettas sänkor, ungefär som om det vore fråga om en på jordytan framrinnande vattenmassa. Eftersom Nissans area i det stora hela kan betraktas såsom ett af rinnande vatten utskulpteradt dräneringsområde, hvars lägsta partier ligga vid den längs dess midtparti gående flodfåran, söker sig helt naturligt grundvattenmassan hit, hvarvid flodens afrinningsvatten längs hela flodloppet, och särskildt där det vattentäta underlaget, gneisgraniten, direkt framträder, mottager betydande tillskott; eller, med andra ord, en stor del af flodvattnet i Nissan stammar ej direkt från nederbörden utan från den af nederbörden tämligen omedelbart underhållna grundvattenströmmen i rullstensåsarna.

En annan del af nederbörden, och det den största, faller ej på rullstensbildningen utan på mosand och morän. Det af dessa jordarter uppsugade vattnet får olika öden allt efter jordarternas fuktighetsgrad. Är sanden eller moränen efter stark afdunstning torr, kan den behålla äfven mycket starka regn, utan att någon del af dessa sänker sig under kapillaritetsgränsen; genom ytafdunstning och rothårsabsorption kan således hela denna vattenmassa åter dragas ur nämnda jordarter utan att ha kommit floden till godo. Äro dessa jordarter starkt genomblöta, t. ex. under afrinningsperioden eller vid sidländt läge, sjunker större delen af nederbörden under kapillaritetsgränsen, anrikande den egentliga grundvattenströmmen.

Under ett torrt år, t. ex. 1901—02, då nederbörden för augusti uppgick till endast 82 mm. (medeltalet för 1897—1906 = 107 mm.), för september till 17 mm. (medeltalet = 65 mm.) och för oktober till 42 mm. (medeltalet = 68 mm.), blef icke blott uppsamlingsperiodens egen ytafrinning mycket liten, utan regnens obetydlighet och den däraf följande omständigheten, att en stor del af fuktigheten stannade icke blott, såsom också annars, i mosandens och moränens utan äfven i rullstensgrusets ytlager, hvarifrån den lätt kunde afdunsta, allt gjorde, att ytafrinningen också under den på nämnda uppsamlingsperiod följande afrinningsperioden blef obetydlig i förhållande till samma afrinningsperiods nederbörd. Under ifrågavarande afrinnings-

period var således tillskottet till ytafrinningen från grundvattenströmmarnas sida mycket ringa, jämfördt med samma tillskott för vattenår med stark nederbörd under uppsamlingsperioden.

Under afrinningsperioden förhålla sig således rullstensgruset, moränen och mosanden på samma sätt, i det de med lätthet släppa igenom det mesta af imbibitionsvattnet; under torra uppsamlingsperioder släpper rullstensgruset igenom hufvudmassan af den infiltrerade nederbörden, moränen och mosanden kvarhålla den, under fuktiga släppa alla tre jordarterna igenom hufvudmassan af infiltrationsvattnet; under afdunstningsperioden stanna hos alla tre jordarterna obetydliga regn i ytlagren, af starkare regn släppes största delen igenom rullstensgruset, under det hela den infiltrerade regnmassan stannar i mosandens och moränens kapillära zon.

Då således, för att sammanfatta det sagda, grundvattenströmmen under afrinningsperioden matas af alla jordarternas nederbörd, och då vidare samma grundvattenström under afdunstningsperioden i a. mottager endast obetydliga tillskott och dessa endast från rullstensbildningen, är det egentligen nederbördens intensitet och nederbördsdagarnas fördelning under uppsamlingsperioden, som jämte rullstensbildningarnas stora utbredning inom området i fråga bli bestämmande för den växlande storleken af Nissans afrinning i förhållande till nederbörden: för regnrika år starkare, för regnfattiga svagare än t. ex. Dalelfvens.

Ju starkare eller ju tätare på hvarandra följande regn desto mera af desamma släppes igenom rullstensgruset till grundvattenströmmarna, desto mera undandrages ytafdunstningens inverkan, desto högre slutligen stiger ytafrinningen, sedan dessa underjordiska vatten förenat sig med den på ytan framrinnande floden; under torra perioder med spridda regndagar stannar en stor del af regnet i rullstensgrusets ytpartier och afdunstar ytterst lätt. Denna rullstensgrusets inverkan på afrinningens olika storlek under olika regnrika år blir naturligtvis större i samma mån, som rullstensbildningen intager större del af dräneringsområdet.

Rullstensbildningarna inom Nissans dräneringsområde (fig. 2, sid. 9) upptaga i rundt tal 160 kv.-kilom. af den här behandlade bevattningsarean; det vill med andra ord säga, 7 % af nederbörden falla på rullstensmaterial och kunna således under regnrika perioder till största delen undandraga sig afdunstning, i det de då med lätthet släppas igenom kapillaritets-zonen ned till grundvattenströmmen under denna; härifrån nå de slutligen fram till Nissans flodbädd, utan att ha förlorat något genom ytafdunstningen.

Också inom Dalelfvens dräneringsområde uppträda rullstensåsar; för någon kort sträcka följer floden en sådan ås; vanligtvis ha åsarna en riktning, öfvertvärande arean i fråga. Rullstensbildningarna inom Dalelfvens område äro dock till sin utbredning ingalunda jämförliga med de inom Nissans förekommande; tvärtom upp-

taga de [1]) en mycket ringa procent af området i fråga. Möjligheten för nederbördsvattnet att genom rullstensgrus släppas ned till grundvattenströmmen under kapillaritetsgränsen är således i fråga om Dalelfvens område relativt mindre än i fråga om Nissans, hvadan också de den allmänna ytafdunstningen framkallande faktorerna här ha tillfälle att äfven under regnrika år inverka på en större procent af nederbörden, än som inom Nissans område under sådana år är möjligt.

Jag har, med de resurser, som stå en privatman till buds, ej kunnat genomföra en hydrogeologisk undersökning af Nissans område så, som jag velat. Regelbundna grundvattensobservationer saknas. Såväl Thiems metod med klornatriumlösning [2]) som Slichters elektriska metod [3]) för mätande af grundvattenströmmens rörelsehastighet förutsätter, att man har tillgång till borrhål eller brunnar på nära afstånd till hvarandra. För öfrigt har man nog på sina håll öfverskattat betydelsen af undersökningar som de sist nämnda, i det man lämnat opåaktadt, att den tid vattenströmmen behöfver för att hinna från ett borrhål till ett annat ej nödvändigtvis refererar sig till det kortaste afståndet emellan ifrågavarande punkter. I verkligheten måste grundvattenströmmen söka sin väg framåt under kringgående af mellanliggande hinder (sid. 51), och det kan således hända, att dess väg från ett borrhål till ett annat är många gånger längre än den borrhålen förbindande, räta linjen. — De undersökningar, jag påbörjat, öfver vattnets i Nissan växlande slamhalt och växlande kemiska sammansättning vid olika vattenstånd kunde tyvärr ej slutföras, då det visade sig, att vattnet vid de ställen, där vattenståndsmätningar utförts, förorenades af ofvanför liggande fabrikers spillvatten. — Min undersökning ger vid handen, att Nissan bildar en flodtyp, som i väsentlig mån skiljer sig från Dalelfven, en skillnad, som synes mig få sin naturliga förklaring bland annat i de olika flodområdenas olika geologiska byggnad och i främsta rummet i rullstensåsarnas olika utbredning. Här ha vi det spörjsmål, på hvilket kommande hydrografiska undersökningar måste inrikta sin uppmärksamhet, om det gäller ej blott att registrera afrinningen i dess förhållande till nederbörden utan också att förklara och systematisera detta förhållande och därigenom få en fullt betryggande grundval för beräkningar öfver afrinningens praktiska användbarhet.

[1]) Jmfr Högbom, Norrland, Norrl. Handbibliotek, I, Glacialgeologisk karta, sid. 144.
[2]) Messung. natürl. Grundwassergeschwindigk., Polyt. Notizblatt., 42, sid. 229.
[3]) The motions of undergr. waters, Unit. St. Geol. Surv., Water supply and Irrig. Papers, N:r 67, sid. 50.



LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 3. Nr 4.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 18. Nr 4.

LÖSNINGARS MAGNETISKA OCH OPTISKA KARAKTERER

AF

A. V. BÄCKLUND.

Forts. från Författarens afhandling *Om kroppars lösning och därmed närmast förvandta företeelser* i nästföregående band af dessa Handlingar.

Avec un Résumé en Français.



LUND 1907
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

§ 1.

Om jämviktstillståndet i en lösning.

1. Efter hvad i den föregående afhandlingen: *Om kroppars lösning* etc. i Lunds Univ. Årsskr. N. F. Afd. 2, B. 2, N. 4 utvecklades, skall hvarje lösning af en kropp i en förelagd vätska utgöras af molekuler, som till ojämförligt största delen *) få samma kemiska sammansättning af formen *ab*, men af hvilka ändock, så länge lösningen pågår, olika slag bli att särskilja. Framför allt finna vi två slag af i rörelse stadda molekuler utmärkta: molekulerna af det ena slaget få sina axlar, — hvilkas riktning vi städse räkna på samma vis, från t. ex. *a* till *b*, — riktade åt ett och samma håll, molekulerna åter af det andra slaget få sina axlar riktade åt det motsatta hållet. Lösningen kan stelna eller kristallisera i denna form. Alltså kan äfven en fast kropp vara sammansatt af molekulpar med molekulerna i samma par motsatt orienterade. Orsaken till att molekuler kunna hålla sig i denna ställning tillsamman måste tydligen sökas i de attraktioner, som förefinnas emellan de två elektriska cirkelströmmar, som omkretsa molekulerna och här visserligen framgå i samma plan, men vid sida om hvarandra och i motsatta rotationsled. Dessa attraktioner skola för öfrigt kunna beledsagas af oscillationer för molekulernas tyngdpunkter. De oliknämniga atomerna af de två molekulerna i ett och samma par verka genom sina termiska pulsationer repellerande på hvarandra, så som om dessa pulsationer skilde sig på en udda multipel af en half våglängd; på andra molekulpar i kroppen verkar samma par attraherande. Men de nämnda termiska repulsionerna emellan de två molekulerna i ett och samma par beledsagas antingen af bestämda oscillationer hos molekulerna eller af en härmed äkvivalent elektrisering af bådas atomer, hvarvid de oliknämniga atomerna skulle få motsatt elektricitet. Nytt tillfördt värme skulle då medföra elektriska urladdningar emellan atomerna i molekulparet, särskildt emellan de till samma enkla molekul hörande atomer, emedan de dock alltid äro närmare till hvarandra än till atomerna i någon annan molekul. Men emedan de två molekulerna i samma par äro motsatt ställda i afseende på sina atomer, få urladdningsströmmarne motsatta riktningar för dessa molekuler och

*) Se härom efterföljande art. 15.

verka därför repellerande på hvarandra. Till följe häraf kan det inträffa, att de två molekulerna i samma par lossas från hvarandra, såsom för kroppars lösning i en vätska förefaller vara nödvändigt. Molekulernas förutnämnda elektriska krets- eller cirkel-strömmar stanna äfven efteråt kvar hos dem, och däri ligger orsaken till att efter separationen, och till dess på nytt jämvikt inträdt, de två molekulerna i samma par besitta olika potentiella energier $Pv - jS$, $Pv + jS$, med P som termiskt tryck från omgifningen, v som volum af molekulen och jS som potential af kroppens alla molekularströmmar i afseende på molekularströmmen (j). Jag har då behållit beteckningarne från § 4 i »Kroppars lösning» etc. I st. f. jS skrifver jag emellertid hällre iVv, när jag med iv förstår molekulens från dess ström (j) härrörande magnetiska moment och fattar V som ett dU/ds, där U är magnetisk potential af samtliga molekularströmmarne (j), och ds är ett infinitesimalt stycke, ab, af ifrågastående molekuls axel med samma riktning som denna. Men emedan alltså de båda molekulerna från ett och samma par bli utsatta för olika tryck $P \mp iV$, komma de, innan jämvikt inträdt och medan de ännu äro i rörelse, att genomtränga hvarandra. Ty tänkte vi oss någon möjlighet för att de båda strömmarne (j) kring de två molekulerna i ett par kunde utjämna hvarandra, så skulle vi äfven tänka oss, att i stället för de volumändringar af elektriskt slag, hvari molekulerna blifva försatta af dessa strömmar, nya pulsationer skulle uppstå, som skulle sammansätta sig med de förra termiska till sådana nya harmoniska, hvilka för de två molekulerna finge olika perioder. Jfr »Sammanhanget etc.» *) s. 32 n. 2. Hade trycket varit detsamma på båda molekulerna, så skulle nog äfven perioden för de nya pulsationerna blifvit lika. Men, som redan anmärktes, trycket är olika. Och då skulle för olikheten i de nya pulsationernas perioder de två molekulerna genomtränga hvarandra. De må i så fall göra det också utan den supponerade utjämningen af strömmarne: de termiska och de elektrodynamiska krafter, hvarför en lossad molekul af det ena slaget i ett molekulpar blir utsatt från de lossade molekulerna af det andra slaget skulle således i medium upphäfva hvarandra **).

2. Analogien emellan ett på nämnda sätt af två molekuler sammansatt molekulpar och en af två atomer sammansatt molekul är af det nämnda uppenbar, och lika uppenbar är analogien emellan de två från ett dylikt molekulpar separerade molekulerna och de två från en molekul i form af ioner separerade atomerna. Ionernas elektricitet motsvaras af molekulernas elektriska kretsströmmar. Då vidare ionerna bli öfverdragna med magnetiska ytlager af konstanta moment (»Kroppars lösning etc.» s. 27), bli de separerade molekulerna i stället försatta i inre oscillationer: deras atomer oscillera mot hvarandra i följd af den omtalta elektriska ur

*) Så citerar jag afhandlingen: *Om sammanhanget emellan osmotiskt och elektriskt tryck* i Lunds Univ. Årsskr. N. F. Afd. 2, B. 1, N. 1.

**) Två kroppar kunna ha samma kemiska sammansättning, men de lika orienterade molekulerna hos dem kunna ha sina cirkelströmmar dirigerade åt motsatta håll. Kropparne kunna vara genomskinliga, och om de vrida ljusets polarisationsplan, så vrida de det då åt motsatta håll. Se art. 28

laddningen emellan dem. Och vidare, liksom de förra separerade atomerna skola genomtränga hvarandra, så skola ock de separerade molekulerna göra detsamma. Hvarje lösning af en på det antagna viset af molekulpar sammansatt fast kropp i en homogen lösningsvätska skall därför innehålla molekuler af två slag, som skulle genomtränga hvarandra, så att lösningens hela rum blir fullt upptaget af hvartdera slagets molekuler, tillika med dem genomträngande nya molekulpar af lika sammansättning som den faste kroppens.

3. På frågan om separeringen af dylika molekulpar, som den faste kroppen antogs besitta, skulle samma betraktelser kunna tillämpas, som i § 6 af »Kroppars lösning» anställts för frågan om dissociationen af enkla molekuler. Vi se sålunda, att, om p är det osmotiska (eller termiska) trycket inom den faste kroppen, och p' är det osmotiska trycket på de separerade molekulerna i lösningen, så skall, när lösningen är mättad, enl. ekvv. (41') och (42) i »Kroppars lösning»:

$$\int_p^\sigma v dp = 2\int_{p'}^\sigma v' dp' = 2kmT \log\left(\frac{\sigma}{p'}\right),$$

när σ är det gränsvärde för p, hvarvid den faste kroppens molekulpar sönderfallit. Här $p' = kmTC$, då T är absoluta temperaturen för kroppen och för lösningen, och denna temperatur är konstant, samt C är lösningens koncentration, beräknad efter antalet lösta och separerade molekulpar af den fasta kroppen. Därmed skulle vi erhålla för den mättade lösningen:

$$\int_\sigma^p v dp = 2kmT \log K^0 C.$$

Värdet för σ beror ej allenast af den faste kroppens beskaffenhet, utan äfven af lösningsvätskan och af temperaturen T. Förutom σ, K^0 och C står dock i den förra formeln också p obekant, samt likaledes som obekant den för den faste kroppen gällande relationen mellan molekulparets volum och tryck.

4. Den faste kropp, hvarom ofvan varit tal, betecknar jag med K. Om med R förstås det rum, som upptages af den vätska, hvari K är löst, så skall, enligt hvad nyss utvecklades, R blifva uppfylldt af såväl det ena som det andra slaget af K-molekuler, äfvensom af molekulpar, bildade af K-molekuler af olika slag. Om emellertid för tillfället vi utmärka den af det ena slaget af K-molekuler bildade kroppen i R med A och dess termiska funktion *) med Ω', samt den af det andra slaget af K-molekuler bildade kroppen i samma R med B och dess termiska funktion med Ω'', så kan därför ingalunda lösningens termiska funktion betecknas med $\Omega' + \Omega''$. Ty Ω' och Ω'' härröra från pulsationer med olika svängningstal och addera sig därför icke till hvarandra. Vi borde kanske för öfrigt hälst räkna Ω'

*) Det är den å sid. 8 i »Osmotiska trycket» (Lunds univ. Årsskrift B. 40, Afd. 2, N. 4 (1904)) med ψ betecknade funktionen, hvilken här bilägges namn af termisk funktion.

för sammansatt af en termisk funktion, kommande från *harmoniska* pulsationer för de molekuler, af hvilka A har bildats med låt vara svängningstalet n, och af en magnetisk funktion från de *elektriska strömmar* (j), som omkretsa samma molekuler, och likaså borde vi räkna Ω'' för sammansatt af en termisk funktion från *harmoniska* pulsationer af samma svängningstal n hos de andra K-molekulerna och af den magnetiska funktionen från deras *strömmar* (j). De senare harmoniska pulsationerna ha för molekulerna i lösningen 180° fasskillnad från de förra och utgå skenbarligen från samma ställen i R som dessa, hvilket ej är fallet med pulsationerna i K. Det är då lätt att förstå, huru den ifrågakommande termiska funktionen af K-lösningen i R sammanfaller med den magnetiska kraftfunktionen af samma lösning, nämligen af strömmarne kring dess K-molekuler. Nu är dock väl att märka, att, då vi i art. 1 och 2 fattade energien för att vara olika för två K-molekuler af olika slag i R, vi tänkte på förhållandena före jämviktens inträdande och så länge som molekulerna påverkades af trycket P. Vid jämvikt är förhållandet ett annat. Om U är lösningens magnetiska potential, så skall, efter hvad nyss nämndes om den termiska funktionens beskaffenhet

$$-\frac{1}{2}iv\frac{dU}{di}$$

bli mått för hvardera molekulens inre energi. Men vi fatta A och B som två gallerverk, som ingripa oändligt i hvarandra, hvartdera likformigt magnetiseradt, dock det ena motsatt mot det andra. Och på ytorna af gallerverken skulle vi finna magnetiska ytlager, med ytlagret på det ena gallerverket till bestämd del upphäfvande för det samma gallerverkets inre verkningen af det andras magnetism, däremot utan all verkan utåt. Magnetiska intensiteten i gallerverkens inre skall, pr enhetsvolum räknad, vara lika med i. Skulle då W vara potential af A:s magnetism af detta slag, och alltså $-W$ räknas för potential af B:s motsvarande magnetism, samt $+\nu W$ vara potential inne i A af det nämnda ytlagret för A, så blefve för alla punkter i A:

(1) $$U=(1-\mu)W,\ \mu=1-\nu<1,$$

och för punkterna i B komme man tydligen att erhålla:

(2) $$U=-(1-\mu)W.$$

För alla punkter utanför lösningarne blefve $U=W-W=0$.

Nu skall åter inne i A:

(3) $$\frac{\partial W}{\partial x}=-4\pi\varkappa i\cos ix,\ \text{etc.,}\ (\varkappa=\text{magnetiseringskonstant}),$$

och man måste följaktligen finna för A:

$$i\cos ix=-\lambda\frac{\partial U}{\partial x},\ \text{etc.,}$$

när man för korthetens skull skrifvit

(4) $$\lambda = \frac{1}{4\pi(1-\mu)\varkappa}, \quad \lambda > 0.$$

Energien för en *K*-molekul i *A* får härmed värdet

(5) $$\frac{1}{2}\frac{i^2 v}{\lambda},$$

och som detta värde är oberoende af riktningen för magnetiseringen (i), så finna vi energi till samma belopp för *K*-molekulerna i *B*.

Genom formlerna (1) och (2) uttryckes tydligt, huru den diskontinuitet, som *U* erfar vid öfvergången från *A* till *B*, beror af ett vid dessa gallerverks gränsytor samladt magnetiskt dubbellager, sammansatt nämligen af de två här ofvan anmärkta. Dessa dubbellager få väl å andra sidan räknas som omedelbara följder af de vid *K*:s lösning inträdande elektriska urladdningarne emellan molekulernas atomer, genom hvilka de båda molekulerna i ett och samma molekulpar lossades från hvarandra. (Se art. 1).

λ är att fatta som lösningens magnetiseringskoefficient. — Uttrycket (5) skall ha värdet pv, som är lika med kmT.

5. Det här skildrade jämviktstillståndet är labilt. På gallerverkens ytor skulle man finna molekulpar af samma beskaffenhet som vi förut hade i *K*, och i lösningen borde oupphörligen upplösning och återbildning af sådana molekulpar försiggå. Där vore då icke någon hvila förhanden. När *K* står i fortfarande beröring med lösningsvätskan *R*, falla *K*-molekuler från lösningen ut i fast form på *K* : *K* upplöses och nybildas. I stället för dubbellager på gallerverkens ytor skulle vi då finna på hvarje särskild molekul ett dubbellager.

Vid närvaro af en yttre termiskt polariserad värmekälla kunna *A* och *B* komma att förskjutas mot hvarandra, eftersom *A*:s och *B*:s molekuler i den första ställningen vända atomer med motsatta pulsationer mot värmekällan, som därför skulle attrahera de ena, låt vara *A*-molekulerna, och repellera de andra, *B*-molekulerna. Om *A* är förskjuten i i:s riktning ett stycke α framom *B*, och denna förskjutning behandlas som allenast translation, — ehuru i verkligheten den ingalunda är så enkel, — och, om *W* har, liksom nyss, betydelse af magnetisk potential af *A*, så blir för yttre punkter

(6) $$\alpha \frac{dW}{da}$$

magnetisk potential af lösningen i dess helhet. Emellertid är α infinitesimal, och föregående potential erhåller därför endast ett oändligt litet värde, ty af den yttre värmekällan kunna ej *K*-molekuler samlas i mera betydande mängd till de öfverskjutande ytpartierna af *A* och *B*. Om, som förut, vi beteckna lösningens magnetiska potential med *U*, så får visserligen för yttre punkter *U* värdet (6), men

för inre punkter i lösningen skulle potentialvärdet bli gifvet, som nyss, genom uttrycken (1) och (2) i föregående artikel.

Tvenne K-lösningar i två olika lösningsvätskor R, R' skulle kunna hålla hvarandra polariserade på ett härmed jämförligt vis, sedan den yttre värmekällan aflägsnats, och när lösningsvätskorna R, R' ställts i beröring med hvarandra.

6. Vi skola för öfrigt om förhållandena i de två K-lösningarne i R och R' räsonnéra vidare så här. Då R' ej finnes, råder inom R det i art. 4 skildrade tillståndet, hvilket, när det skall likställas med ett kontinuerligt tillstånd, skall räknas för i magnetiskt hänseende neutralt. Det vill säga, K-lösningen i R skall ha sin magnetiska potential konstant lika med noll, när härför brukas en funktion utan de i art. 4 omtalta diskontinuiteterna. Energien för en K-molekul i R blir då lika med pv. Jfr art. 4 sista raden. Men helt annat blir förhållandet, då K löser sig i tvenne vätskor R och R', som stå i beröring med hvarandra, utan att dock blanda sig. Då kan en sådan förskjutning uppstå af K-molekulerna af de två olika slagen, som i föregående artikel kom på tal, och häraf kan ock det bli en följd, att till ett öfvervägande antal K-molekuler af det ena slaget stanna i R och af det andra slaget stanna i R'. Om m', m'' samt m'_1, m''_1 vore antalen af K-molekuler af de två slagen i R resp. R', och V, V' dessa R- och R'-lösningars volumer, och $m' > m''$, så skulle magnetiska effekten af ifrågavarande lösningar kunna framställas genom en summa af två magnetiska potentialer, den ena potential af R, fattadt som likformigt magnetiseradt med ett moment per enhetsvolum $i = (iv)_0 \dfrac{m' - m''}{V}$, och den andre potential af R', likformigt magnetiseradt i motsatt riktning med ett moment per enhetsvolum lika med $i_1 = (iv)_0 \dfrac{m''_1 - m'_1}{V'}$, samma $(iv)_0$ på båda ställen. Då vi nödgats antaga i »Kroppars lösning», att en K-molekul i lösning förändrar art vid sin reflexion från lösningens yta, så blir det tydligen icke nödvändigt, att $m' + m'_1 = m'' + m''_1$. Vi skola däremot snart nog se, att $\dfrac{m' - m''}{V} = \dfrac{m''_1 - m'_1}{V'}$. Alltså är lösningen i R att betrakta som sammansatt af K-molekuler af ett och samma slag, hvardera med en volum $v' = \dfrac{V}{m' - m''}$, och lösningen i R' är sammansatt af K-molekuler af det andra slaget, hvardera med en volum $v'' = \dfrac{V'}{m''_1 - m'_1} = v'$. Därmed också $i = i_1$. Vi skulle då vidare enligt det föregående finna $(jS)_R = -\dfrac{i^2 v'}{\lambda_R}$ och $(jS)_{R'} = -\dfrac{i_1^2 v''}{\lambda_{R'}}$.

Således:

$$(jS)_R = -\frac{(iv)_0^2}{\lambda_R} \frac{m' - m''}{V}, \quad (jS)_{R'} = -\frac{(iv)_0^2}{\lambda_{R'}} \frac{m''_1 - m'_1}{V'}. \tag{7}$$

Vi vilja nu förutsätta den redan omtalta likheten, som skall närmare utvecklas i efterföljande artikel 15, nämligen denna:

$$(8)\qquad \frac{m'-m''}{V}=\frac{m_1''-m_1'}{V'};$$

vi förstå då lätt af de två å sid. 17 i »Kroppars lösning» utvecklade formlerna, nämligen dessa:

$$6\pi^2\rho_0\left(\varkappa\frac{v}{\alpha}\right)_R Jv\,(h'-h)\frac{\alpha}{v}=(jS)_R,$$

$$6\pi^2\rho_0\left(\varkappa\frac{v}{\alpha}\right)_{R'} Jv\,(h'-h)\frac{\alpha}{v}=(jS)_{R'}\text{*)},$$

(α = tvärsnittet af en strömkanal), huru man måste hafva:

$$\left(\frac{\varkappa v}{\alpha}\right)_R:\left(\frac{\varkappa v}{\alpha}\right)_{R'}=\frac{1}{\lambda_R}:\frac{1}{\lambda_{R'}}=(\varkappa h)_R:(\varkappa h)_{R'}.$$

Därför blir $\frac{\varkappa v}{\alpha}$ omvändt proportionellt mot magnetiseringskoefficienten för *K*-lösningen i *R*. På detta vis beror produkten $\frac{\varkappa v}{\alpha}$ af beskaffenheten af lösningsvätskan *R* samt af *K* **). λ_R få vi för de möjliga olika *K*-lösningarne i *R* proportionellt mot $\frac{m'-m''}{V}$.

K-lösningarne i *R* och *R'* skola dock ej utöfva någon magnetisk verkan på omgifningen, då nämligen dessa lösningar skola på sina ytor besitta magnetiska lager, som förtaga hvarje verkan utåt af den af dem omslutna lösningen. Dessa magnetiska lager skola ej verka inåt, de blifva mest lika de i art. 4 anmärkta ytlagren på gallerverken. Från dem ha reflexioner skett af *K*-molekuler af båda slagen.

---

*) *Observera, att det ej egentligen är h och h', som blifva konstanta, utan att det är med* $\frac{h\alpha}{v}$ *och* $\frac{h'\alpha}{v}$ *som detta blir fallet.* Och då vi, strängt taget, skola fatta *h* och *h'* såsom maximalvärden för *a*:s resp. *b*:s translationshastigheter, (se andra stycket i följande art. 8), så afser hvad som nämndes också endast dessa mera långsamt föränderliga värden. Man korrigerar lätt formlerna såväl i »Sammanhanget» som i »Kroppars lösning» i enlighet härmed.

**) I »Kroppars lösning» har jag uttryckt mig oriktigt om $\varkappa_A$, $\varkappa_B$. I raden närmast efter ekv. (10) å sid. 11 i »Kroppars lösning» skulle det sålunda ha förutsatts om *K'*, att den läte lösa sig lika lätt som *K* i både *A* och *B*, och å tredje raden efter ekv. (10'), att $\varkappa_A$, $\varkappa_B$ i allmänhet bero af *A*:s och *B*:s särskilda beskaffenhet, *förutom af K. Det är för öfrigt ej* $\varkappa$, *utan* $\varkappa\frac{v}{\alpha}$, *som vi skola bruka i våra räkningar, liksom det ej är h, h', utan i stället* $\frac{h\alpha}{v}$ *och* $\frac{h'\alpha}{v}$ *vi få räkna med som konstanter,* [dessa *h* och *h'* fattade som de i förra noten nämnda mera långsamt varierande maximalamplituderna för translationshastigheterna]. Sista stycket af art. 11 i »Kroppars lösning» bör därmed utgå. Jfr för öfrigt med följande artt. 10, 11.

7. Liknande förhållanden som de ofvan beskrifna, som gälla för de från molekulparen af K afskilda molekulerna, råda äfven för de i ioner dissocierade molekulerna i en lösning. Tänka vi blott på molekulerna i gebitet A och deras dissociation i a- och b-ioner, de förra positivt, de senare negativt-elektriska. När jämvikt inträdt, fylla ioner a hela rummet R, och ioner b likaså samma rum. Detta skall här förstås på samma sätt, som då i art. 4 det talades om de dissocierade molekulparen af K, så nämligen, att a-ionerna och b-ionerna bilda två gallerverk, som så gripa in i hvarandra, att de ej kunna lossas, utan att förstöras. Så skall det för öfrigt vara med alla kroppar, som blanda sig med hvarandra, att de bilda gallerverk, som oändligt tätt gripa in i hvarandra. Nu kan den verkan, hvarför en a-ion är utsatt, räknas härröra från endast de andra a-ionerna, från deras elektriska krafter och från krafter, som egentligen tillhöra pulsationer af det slag, som dessa a hade i molekulen ab, eller, som vi också kunna uttrycka oss, en a-ion är utsatt för de elektriska krafterna från samtliga a- och b-ionerna, men ej för andra krafter. Men b-ionerna äro lika mycket negativt-elektriska som a-ionerna äro positivt-elektriska. En elektrisk verkan utåt kan därför ej komma till stånd från dessa a och b tillsamman, och en verkan på en a eller en b uppträder endast då den elektriska potentialen lider en diskontinuitet vid öfvergången från det ena till det andra af de gallerverk, som bildas af a- och b-ionerna hvar för sig. Och denna diskontinuitet skulle vara föranledd af elektriska dubbellager på gallerverkens ytor, dubbellagren bildade af ion-par a och b. I fall V vore potential af a-systemet i afseende på en yttre punkt, och $V-U$ vore samma systems eller gallerverks potential i afseende på en inre, så skulle, för det första, b-systemets potential i afseende på en yttre punkt vara $=-V$ och i afseende på en inre punkt $=-(V-U)$, och därmed skulle, för det andra, för en a-ion produkten af tryck och volum bli lika med eU och lika med motsvarande produkt för en b-ion. Vid jämvikt kan trycket vara konstant och positivt, men då skall äfven U vara för hvarje punkt i lösningen konstant och positivt. $-U$ är då att fatta som potential af ett elektriskt dubbellager med konstant moment, utbredt på ytan af a-ionernas gallerverk och med den positivt-elektriska sidan utåt. För b-ionernas gallerverk kommer samma elektriska dubbellager att hålla sin negativt-elektriska sida utåt. Det synes mig för öfrigt som skulle detta elektriska dubbellager vara att direkt härleda från de elektriska strömmar på ionernas ytor, hvarom talades å sid. 27 i »Kroppars lösning», och som omnämndes ofvan i art. 2.

U är tydligtvis lika med $\frac{1}{2}D$ i art. 7 sid. 8 i »Kroppars lösning». Vi få nämligen

$$eU = pv = kmT = \frac{1}{2}eD.$$

Innan jämvikt inträdt, existera inga slutna, öfver a- och b-regionerna utsträckta, elektriska dubbellager, utan i stället står hvarje ion för sig betäckt med sitt särskilda lager af detta slag.

8. Af en yttre elektrisk kropp kan en förskjutning emellan gallerverken a och b åstadkommas, men det blefve icke nödvändigt endast en translation af a-regionen öfver b-regionen, och $\alpha \frac{dV}{d\alpha}$ blefve då ej, med användning af V i den förra betydelsen, potentialvärde utanför R. Vi skulle i stället räsonnera härom på efterföljande vis. Om p är trycket på de odissocierade molekulerna i A, och p', p'' äro trycken på a- och b-ionerna sammastädes, om vidare $\overline{U}$ betyder hela den elektriska potentialen, och $\overline{U}'$, $\overline{U}''$ äro dess värden för en a resp. en b, så skall, när jämvikt eller annars ett stationärt tillstånd inträdt, följande gälla för molekulen (ab):s dissociation och nybildning:

$$(9) \qquad -\int_p^{\omega} v dp - \int_{\omega}^{p'} v dp - \int_{\omega}^{p''} v dp - e\,(\overline{U}' - \overline{U}'') + M' + M'' = 0,$$

med M' och M'' som arbeten af motståndskrafterna mot rörelsen. (»Sammanhanget» etc. § 4). —

Här fattas emellertid för de motsvarande formlerna såväl i »Sammanhanget» som i »Kroppars lösning» förklaring till att vdp eller vdP står skrifvet i st. f. $vdp + \frac{1}{2} m dh^2$ *). Förklaringen är att söka däri, att vi räkna öfverallt med en integral $\frac{1}{2} m \int_{(\tau')} dh^2$, som försvinner därför att gränsvärdena för h försvinna. Vi tänka oss nämligen translationerna h (och h') ej konstanta i anseende till hastighet (h), utan såsom, att jag så må säga, halfoscillationer, nämligen h sammansatt af halfcirkelbågar: $h^0 \sin \frac{\pi t}{\tau'}$ under tiden från $t = 0$ till $t = \tau'$, och $-h^0 \sin \frac{\pi t}{\tau'}$ under tiden från $t = \tau'$ till $t = 2\tau'$, vidare $= h^0 \sin \frac{\pi t}{\tau'}$ under tiden från $t = 2\tau'$ till $t = 3\tau'$, o. s. v., samt τ' *oändligt litet*. Det blir alltjämt i en och samma riktning translationen (h) sålunda pågår, men den blir också alltjämt efter tider τ' afbruten eller för ett ögonblick stannad; det är som skulle rörelsen fortgå under största motstånd.

Städse, äfven då τ' antages lika med molekulen (ab):s pulsationsperiod eller lika med en hel multipel däraf, *försvinna de delar af M' och M'', som hänföra sig till själfva translationen h eller, kanske tydligare uttryckt, till h^0*. —

För a-ionen särskildt skulle:

$$(10) \qquad -\int_{\omega}^{p'} v dp - e\overline{U}' + M' = C',$$

och för b-ionen:

$$(11) \qquad -\int_{\omega}^{p''} v dp + e\overline{U}'' + M'' = C'',$$

*) Se ekv. (2) sid. 7 i »Kroppars lösning».

hvarest C', C'' skulle hänföra sig till ω, d. v. s. vara värden för $-e\overline{U}'$ och $+e\overline{U}''$ vid dissociationens början. Då är $\overline{U}' - \overline{U}'' = \frac{1}{2}D$. Häraf:

$$C' + C'' = -\frac{1}{2}eD = -pv = -kmT.$$

Och vi skulle finna af (9), att för en molekul:

$$(12) \qquad \int_p^\omega v dp = -pv = -kmT.$$

Men för verkligt stationär *rörelse, fram och tillbaka, åtföljd af upprepad dissociation och nybildning af molekuler (ab)*, skulle vi få för (9) på ett och samma ställe $\overline{U}' = \overline{U}''$ och dessutom $M' = M'' = 0$, emedan vid hvarje molekulbildning och dissociation ionerna *ej ens oscillera*. Vi skulle vidare finna på ett och samma ställe både en a och en b, *men en yttre elektrisk kropp får då icke vara tillstädes.* Nu vore också $p' = p''$, och vi finge därmed $\overline{U}' = \overline{U}'' = 0$, $C' = C''$.

Annat är förhållandet, då det är fråga om splittring af molekuler i ioner, som sedan skola fortbestå såsom sådana. Då äro slutvärdena för M' och M'' ingalunda att försumma. Ionerna a och b stanna visserligen omsider utan translationer, men med bestämda och fortvarande oscillationer. Och i stället för ekvationerna (10) och (11) här ofvan erhålla vi ekvationerna (12) och (12') i »Sammanhanget» med $dp = 0$ samt därför samma ekvation för såväl a som b, nämligen:

$$(13) \qquad edU = dM' = -dM'',$$

hvarest, då R-lösningen utgör ett *dielektrikum i fast form*,

$$(14) \qquad dM' = -\lambda(h' + h'')ds = -dM''.$$

Nu kan $(h' + h'')\tau$ fattas som afstånd emellan de från en (ab)-molekul separerade a och b, då τ är tiden för sådan separering. Vi hade $\lambda = 12\pi^2\rho_0\varkappa\omega$ *). (»Sammanhanget etc.» sid. 20). Om därför med ε betecknas R:s elektriska moment för volumsenheten, och med n' antalet ioner, som separerats eller annars deplacerats och samlats på ett ställe, på en rymd v, så få vi $\varepsilon v = n'e(h' + h'')\tau$, och ekv. (13) skall då rätteligen uppfattas på följande vis:

$$e\frac{\partial U}{\partial x} + \lambda(h' + h'')\cos \varepsilon x = 0,$$
$$e\frac{\partial U}{\partial y} + \lambda(h' + h'')\cos \varepsilon y = 0,$$
$$e\frac{\partial U}{\partial z} + \lambda(h' + h'')\cos \varepsilon z = 0,$$

*) Observera, att det värde på ω, som jag härledt i »Kroppars lösning» § 3, är *utmärkande för ionerna i en lösning.* För atomerna i *fast* form har ω ej nödvändigtvis samma värde. För metalliska ledare få vi således ej räkna med konstant ω och ej heller med konstant e.

och alltså:

(15) $$\varepsilon \cos \varepsilon x = -k' \frac{\partial U}{\partial x}, \quad \varepsilon \cos \varepsilon y = -k' \frac{\partial U}{\partial y}, \quad \varepsilon \cos \varepsilon z = -k' \frac{\partial U}{\partial z}$$

med

(16) $$k' = \frac{n' e^2 \tau}{\lambda v},$$

$4\pi k'$ = dielektricitetskonstant.

R är en fullkomlig ledare, om i dess inre $n' = 0$, $\varkappa = 0$, $\frac{n'\tau}{\varkappa} = 0$. Då skall enligt (15) och (13) för ledarens inre:

$$\varepsilon = 0, \quad U = \text{konst.}$$

Däremot gäller för ledarens yta, när omgifningens dielektricitetskonstant = 1, formeln:

(17) $$\frac{dU}{dn} = -4\pi\varepsilon',$$

där ε' är elektriska yttätheten å det ställe, hvartill venstra membrum hänför sig. Detta framgår, genom tillämpning af satser af Poisson och Green, på bekant vis däraf att i ledarens inre U är konstant. Men vi böra måhända äfven lägga märke till att, enligt § 4 af »Sammanhanget» etc., för ledarens yta måste gälla relationen:

(18) $$-\int v dp - \int e dU + \int dM' = 0,$$

där vi integrera tvärs genom det elektriska lagret på ledarens yta. Dess tjocklek vill jag beteckna med dn. Då vi antaga, att jonerna, hvaraf det ifrågastående elektriska lagret bildats, stanna i förevarande fall, då ledaren står ensam, utan oscillationer, så skola vi skrifva $\int dM' = 0$ *), och vi sluta då af (18), att, om p är det osmotiska trycket inne i ledaren, och p_n är dess värde vid ytan, p_n varierande, så skall:

$$-e dU = kmT \log \frac{p_n}{p} = \nu\pi e \varepsilon' dn.$$

Men då antages, att e är konstant det samma för hvarje ion i ytlagret, och att vp = konst. = kmT. Nu skall emellertid dU vara (i våra vanliga mått) att räkna för infinitesimalt och därför skall

$$\frac{p_n - p}{p}$$

äfvenledes ha ett ganska litet värde. Den föregående ekvationen skulle vi då kunna skrifva under formen:

$$vp \frac{p_n - p}{p} = \nu\pi e \varepsilon' dn$$

*) Jfr art. 13 nedan.

eller

$$p_n - p = \nu\pi \frac{e}{v} \varepsilon' dn.$$

Det motstånd, som ledarens omgifning utöfvar mot elektricitetens utströmning, är per enhetsareal

$$2\pi\varepsilon'^2,$$

och det blir lika med $p_n - p$, när

$$\frac{\nu}{2}\frac{e}{v}dn = \varepsilon',$$

där v är den mot p svarande ion-volumen och e dess elektricitet. Därmed $\nu = 2$.

För två kroppar, som stå i kontakt med hvarandra, gälla de samma ekvationerna för kropparnes inre; för gränsytan åter två ekvationer af formen (18), om hvilka vi redan talat i § 4 af »Sammanhanget» etc. Dock är härtill en ganska viktig rättelse att foga, hvarom det närmast följande skall handla.

§ 2.

En rättelse. Formler för beröringselektriciteten.

9. Då det i »Sammanhanget» etc. blef fråga om de oscillationer, som beledsaga ionernas translationer inom en elektrolyt, som genomfares af en elektrisk ström, antog jag härför efterföljande lagar gällande:

för ionen med translationshastigheten h' *):

(19) $$\Delta h' = -4\pi\varkappa h' \sin nt,$$

och för den andra ionen med hastigheten h'':

(20) $$\Delta h'' = +4\pi\varkappa h'' \sin nt.$$

De båda ionernas translationer gå i motsatta riktningar, men deras oscillationer skola vara isokrona, utan fasskillnad. Nu är det allenast från (19) och (20) som h' och h'' inkomma i de formler, som i §§ 4 och 5 af »Sammanhanget etc.» utvecklats för den elektriska strömningen. Ett annat antagande om de ifrågavarande oscillationerna kunde bestå i följande:

(21) $$\Delta h' = -4\pi\varkappa h'' \sin nt,$$

(22) $$\Delta h'' = +4\pi\varkappa h' \sin nt,$$

och det är lätt att öfverse, hvartill detta skulle leda. Till en början hade vi endast att i våra formler (14)—(31) för koncentrationselementen (i »Sammanhanget» etc.)

*) I de efterföljande formlerna betyda dock h' och h'' de långsamt varierande amplituderna h_0', h_0'' för beträffande translationshastigheter $\pm h_0' \sin \frac{\pi t}{\tau'}$, $\pm h_0'' \sin \frac{\pi t}{\tau'}$. (Se föregående art.).

permutera h' och h'', men skulle sedan finna arbetet (32) i »Sammanhanget etc.» till en del positivt och till en annan lika stor del negativt, och det skulle medföra, *att vid kontaktsställena emellan två lösningar af olika koncentrationsgrader af samma salt intet värmeutbyte skulle ega rum med omgifningen.* Med nämnda ändring af h' med h'' erhålles formel (30) i »Sammanhanget etc.» öfverensstämmande med NERNST's formel, såsom jag nu skall i korthet visa. Så som den citerade formeln (30) i »Sammanhanget» där är framställd, differerar den på tecknet från NERNST's formel, hvilket jag dock först nyligen har bemärkt.

10. Efter mitt föregående räsonnement skall man för en lösning af ett salt (ab) räkna såväl med ioner af två slag, a och b, positivt- och negativt-elektriska ioner, som äfven med odissocierade molekuler (ab). De nämnda ionerna skulle ha uppstått genom dissociation af molekuler af det senare slaget, och samma krafter, som härför ha varit verksamma, skulle ha åstadkommit oscillationer för ionernas tyngdpunkter. (»Sammanhanget etc.» art. 17 sid. 11). Dessa oscillationer skulle gå förlorade vid ionernas sammansmältning en annan gång till molekuler och skulle alltså då upphäfvas af, såsom vi måste anse, ionernas stötar emot hvarandra. Men vi böra kanske först bemärka detta, att de translationshastigheter, som ionerna erhålla vid dissociationen, ingalunda lämna den gemensamma tyngdpunkten oförändrad. Ty de krafter, som härvid komma från dessa ioners termiska och elektriska volumförändringar, blifva ej lika stora och motsatta. Vid dissociationen föregå nämligen periodändringarna för ionernas pulsationer så hastigt, att redan under det ionerna åtskiljas dessa pulsationer presentera sig i så varierande faser, att en attraktion af a på b kan samtidigt beledsagas af attraktion af annan styrka eller till och med repulsion af b på a. Af dessa ioners tyngdpunktsrörelser beror också, huru deras pulsationer skola presentera sig för hvarandra. Både a:s och b:s translationshastigheter inverka därmed på storleken af amplituderna för a:s och b:s tyngdpunktsoscillationer. Vi försöka därför med ett antagande:

(23) $$\Delta h' = -4\pi H' \sin nt, \quad H' = ah' + bh'',$$

(24) $$\Delta h'' = +4\pi H'' \sin nt, \quad H'' = ch' + dh'',$$

a, b, c, d konstanter.

Vi skulle då finna genom räkningen i art. 18—21 i »Sammanhanget etc.» dessa formler:

(25) $$-e\frac{dV}{ds} = 12\pi^2 \rho_0 \omega (H' + H''),$$

och emedan

(26) $$J = \frac{\alpha e}{v}(h' + h''),$$

(α = tvärsnittet i en strömkanal), samt efter OHM's lag

(27) $$-\alpha\frac{dV}{ds} = wJ,$$

(w = specifika ledningsmotståndet), så måste vi skrifva

(28)
$$a+c=b+d=w\frac{e^2}{12\pi^2\rho_0\omega v}.$$

När vi räkna för en elektrolyt w proportionellt mot v, måste vi räkna $a+c$ och $b+d$ lika inom både A och A', — som äro de två lösningar af olika koncentrationsgrader, som äro i kontakt och bilda det förelagda koncentrationselementet. Nu skulle enligt (23), (24), (28):

$$H'+H''=w\frac{e^2}{12\pi^2\rho_0\omega v}(h'+h'').$$

Af »Sammanhanget etc.» sid. 20 skulle vi vidare ha att sluta, att:

(29)
$$\begin{cases} -\int_A^{A'} vdP-\int_A^{A'} edV+4\pi\mu' H'\frac{\alpha}{v}=0, \\ \int_A^{A'} vdP-\int_A^{A'} edV-4\pi\mu' H''\frac{\alpha}{v}=0, \end{cases}$$

alltså:

(29')
$$\begin{cases} \int_A^{A'} vdP=2\pi\mu'(H'+H'')\frac{\alpha}{v}, \\ \int_A^{A'} edV=2\pi\mu'(H'-H'')\frac{\alpha}{v}. \end{cases}$$

Inne i A skulle det elementära motståndsarbetet dM' bli lika med (enl. »Sammanhanget etc.» sid. 18):

$$-\frac{we^2}{v}(h'+h'')ds=-\frac{we}{\alpha}Jds=-dM'',$$

och därmed blefve arbetet af motståndskrafterna därinne lika med (obs. (26), (27)):

$$\frac{\alpha h'}{v}dM'-\frac{\alpha h''}{v}dM''=-\frac{w}{\alpha}J^2ds=JdV.$$

Vid gränsen emellan A och A' skulle däremot arbetet af samma slag af motståndskrafter uppgå till:

(30)
$$\frac{\alpha h'}{v}4\pi\mu' H'\frac{\alpha}{v}-\frac{\alpha h''}{v}4\pi\mu' H''\frac{\alpha}{v}=4\pi\mu'\left(\frac{\alpha}{v}\right)^2(H'h'-H''h''),$$

samt arbetet af det termiska (eller osmotiska) trycket sammastädes till:

(31)
$$-\frac{\alpha}{v}(h'-h'')\int_A^{A'} vdP=-2\pi\mu'\left(\frac{\alpha}{v}\right)^2(h'-h'')(H'+H'').$$

Alltså skulle dessa två arbeten hafva en summa:

$$(32)\qquad 2\pi\mu'\left(\frac{a}{v}\right)^2(h'+h'')(H'-H''),$$

och dess värde är lika med

$$(32')\qquad J\int_A^{A'} dV,$$

såsom lätt ses, när för J och $\int_A^{A'} dV$ införas deras värden från (26) och (29'). Af (29') härleda vi efterföljande formel för koncentrationselementet:

$$(33)\qquad e(V_{a'}-V_a)=\frac{H'-H''}{H'+H''}\int_A^{A'} vdP=\frac{(a-c)h'+(b-d)h''}{(a+c)(h'+h'')}\int_A^{A'} vdP,$$

med relationen (28) underförstådd. Här äro h', h'' translationshastigheter för ionerna på ett och samma ställe.

Då strömmen genom A och A' hålles stationär, — och vi antogo, att så skedde, då vi skrefvo ekvv. (29) i ofvan stående form, — så bli $\frac{ah'}{v}$ och $\frac{ah''}{v}$ konstanta för en och samma strömkanal hela kanalen igenom. Det är tydligt att så må vara, ty därmed är blott sagdt, att såväl antalet af de positiva ioner som ock antalet af de negativa ioner, som på en sekund passera ett tvärsnitt af en strömkanal, blir oförändradt detsamma för alla tvärsnitten, hvarförutan upphopning af elektricitet på ett eller annat ställe i strömkanalen skulle ske, och därmed rörelsen ej kunna vara stationär. Däraf följer, att förhållandet emellan h' och h'' blir oförändradt detsamma både i A och A'. Man skrifver till och med*) för både A och A':

$$h'=-\bar{u}\frac{dV}{ds},\quad h''=-\bar{v}\frac{dV}{ds},$$

med $\bar{u}$ och $\bar{v}$ såsom a- och b-ionernas vandringstal, och betraktar $\bar{u}$ och $\bar{v}$ såsom konstanter, som bero endast af a resp. b, förutom kanske af T.

Man får då skrifva i (33) $\bar{u}$ och $\bar{v}$ för h' och h''.

---

*) Jag borde å sid. 18 o. f. i »Sammanhanget» ej talat om h' och h'' som konstanter, men väl betraktat $\frac{ah'}{v}$ och $\frac{ah''}{v}$ som oföränderliga och räknat härmed så som jag gjort för (29) och äfven här nu efteråt räknar. Eller, jag kunde anmärkt, att, eftersom $\frac{ah'}{v}$, $\frac{ah''}{v}$ äro konstanta längs samma strömkanal, så är också förhållandet mellan h' och h'' allt igenom lika. Detta gäller äfven de med samma bokstäfver tecknade hastigheterna i »Kroppars lösning», hvilket särskildt för formlerna i art. 16 i sist cit. afhandling är att noga ihågkomma.

Enligt art. 18 sid. 19 i »Sammanhanget etc.» skulle

$$(34) \qquad \mu' = \frac{3}{4}\rho_0\omega\int_A^{A'} d\;\Sigma\left(\frac{v'^2}{\alpha'} - \frac{v^2}{\alpha}\right)\frac{\cos Rh'}{R^2},$$

med följande betydelse för häri ingående tecken. R räknas från ionen med volumen v' till ionen med volumen v, h' är den förra ionens translationsriktning, α' är α:s speciella värde å det ställe af strömkanalen, som den första ionen för tillfället intar, och denna ion går från A till A' och i spetsen för dem med volumen v. Eterns täthet är betecknad med ρ_0. Summan skall utsträckas öfver de den första ionen närmast följande af samma slag, som kunna anses ha samma pulsationsperiod som den. Ofvan tecknade $\frac{v'^2}{\alpha'} - \frac{v^2}{\alpha}$ bör då hellre fattas som ett

$$\frac{d}{ds}\left(\frac{v^2}{\alpha}\right)ds,$$

och hela differentialen som

$$\frac{d}{ds}\left(\frac{v^2}{\alpha}\right)\frac{\cos Rh'}{R^2}ds,$$

med

$$\frac{\cos Rh'}{R^2} = -\frac{2\pi}{\beta}, \quad \beta = \text{en liten area af samma slag}$$

som ofvannämnda α, ehuru ej lika med α. Det i (34) gifna värdet för μ' blir således lika med

$$-\frac{3}{2}\pi\rho_0\omega\int_A^{A'}\frac{d}{ds}\left(\frac{v^2}{\alpha}\right)\frac{ds}{\beta},$$

och kan ej vidare fixeras, men skulle efter (29) bero af styrkan af den passerande elektriska strömmen. Däraf kommer alltså själfva integralens värde att väsentligen bero. Vi se af (29′), att, när $P' > P$, (d. v. s. när osmotiska trycket i A' är större än det i A), så blir μ' positivt.

11. Arbetet (30) försvinner i det fall att $H' : H'' = h'' : h'$. Då skola vi vidare hafva enligt (23)—(28):

$$a = d = 0, \quad b = c = \frac{e}{12\pi^2\rho_0\omega(\bar{u} + \bar{v})},$$

samt speciellt efter (28):

$$w = \frac{v}{e(\bar{u} + \bar{v})}.$$

Här stå e och ω som konstanter med de i »Kroppars lösning» sid. 9 angifna värdena. Alltså skulle man nu ha:

$$\Delta h' = -\frac{1}{3}\frac{e}{\pi\rho_0\omega(\bar{u}+\bar{v})}h''\sin nt,$$

$$\Delta h'' = +\frac{1}{3}\frac{e}{\pi\rho_0\omega(\bar{u}+\bar{v})}h'\sin nt.$$

I detta fall erhåller man af (33) Nernst*'s formel för koncentrationselementens elektromotoriska krafter.* Jag anmärkte detta förut i art. 9. Af (30)—(32') är tydligt, att, såsom jag äfven nämnde med andra ord i citerade artikel, *i detta fall tryckkraftsarbetet (31) öfverföres helt och hållet i elektriskt strömarbete.*

12. Antag att A och A' äro två stycken af en strömkedja, och att dessa stycken äro placerade omedelbart efter hvarandra, samt att a, a', a'', . . . äro positiva ioner af olika slag, och b, b', b'', . . . negativa ioner, och att de, men inga andra, deltaga i den elektriska strömningen genom A och A'. Må härvid h, h', h'', . . . k, k', k'', . . . vara hastigheter för a, a', a'', . . . resp. b, b', b'', . . . Hastigheterna h få samma riktning, och hastigheterna k den motsatta. Det är nämligen gemensamma strömkanaler för alla ionerna, emedan ionerna röra sig alla i den elektriska kraftens riktning, enligt hvad nyss utvecklats. De andra krafter, som verka på dessa ioner, komma dels från trycket af de molekuler, bland hvilka de röra sig, och som äro af samma slag som de, från hvilka samma ioner afskiljts, — och dels från den verkan, som ionernas oscillationer ha på deras pulsationer. Men hvad denna senare verkan beträffar, så yttrar den sig dels i värme och dels i en förhöjd energi hos somliga af ionerna och förminskning af energi hos de andra. Det kan här ej bli fråga om elektrisk energi; ty den beträffande energien skulle komma från de harmoniska etervågor, som uppväckas af ionernas harmoniska pulsationer och oscillationer, och kan därför icke utgöras af annat än rörelseenergi och värme. Må härefter det molekulartryck, hvarför a är utsatt, betecknas med p, molekulartrycket på a' med p', det på a'' med p'', o. s. v.; vidare trycket på b med q, trycket på b' med q', o. s. v. Skall då den elektriska strömningen vara stationär, så måste, om α är tvärsnittet af en strömkanal, och v, v', . . . v_1, v_1', . . . äro volumerna för a, a', . . . b, b', . . . å samma ställe,

$$\frac{\alpha h}{v}, \frac{\alpha h'}{v'}, \ldots \frac{\alpha k}{v_1}, \frac{\alpha k'}{v_1'}, \ldots$$

blifva oförändrade längs hela strömkanalen i både A och A', samt dessutom, när A, A', . . . äro lösningar:

(35) $$vp = v'p' = \ldots = v_1 q = v_1' q' = \ldots = kmT;$$

för öfrigt (V = elektriska potentialen):

(36) $$\begin{aligned} -vdp - edV + dH &= 0, \quad v_1 dq - edV + dK = 0, \\ -v'dp' - edV + dH' &= 0, \quad v_1' dq' - edV + dK' = 0, \\ \ldots\ldots &\qquad\quad \ldots\ldots \end{aligned}$$

med H, H', K, K', . . . som elementar-arbeten af de nämnda krafterna emellan ionernas pulsationer och oscillationer. *Om vid öfvergången emellan A och A' intet värmeutbyte skall ega rum emellan strömkedjan och omgifningen,* så måste (obs. (30)):

$$\int\frac{\alpha h}{v}\,dH+\int\frac{\alpha h'}{v'}\,dH'+\,.\,.\int\frac{\alpha k}{v_1}\,dK+\int\frac{\alpha k'}{v_1'}\,dK'+\,.\,.=0,$$

alltså, när summeringarna utsträckas öfver alla a resp. b:

$$\Sigma\left(\frac{\alpha h^{(i)}}{v^{(i)}}\int v^{(i)}dp^{(i)}\right)-\Sigma\left(\frac{\alpha k^{(i)}}{v_1^{(i)}}\int v_1^{(i)}dq^{(i)}\right)+e\left(\Sigma\frac{\alpha h^{(i)}}{v^{(i)}}+\Sigma\frac{\alpha k^{(i)}}{v_1^{(i)}}\right)\int dV=0,$$

eller, emedan

$$e\,\Sigma\frac{\alpha h^{(i)}}{v^{(i)}}+e\,\Sigma\frac{\alpha k^{(i)}}{v_1^{(i)}}=J=$$

strömintensiteten i kanalen:

$$\Sigma\left(\frac{\alpha h^{(i)}}{v^{(i)}}\int v^{(i)}dp^{(i)}\right)-\Sigma\left(\frac{\alpha k^{(i)}}{v_1^{(i)}}\int v_1^{(i)}dq^{(i)}\right)+J\,(V_{a'}-V_a)=0,$$

eller, om $\overline{u}$, $\overline{u}'$, $\overline{u}''$, . . . $\overline{v}$, $\overline{v}'$, $\overline{v}''$, . . . äro vandringstalen för ionerna a, a', a'', . . . b, b', b'', . . . då vi få h, h', h'', . . . k, k', k'', . . . häremot proportionella, och med bruk af (35):

$$(37)\qquad \Sigma\,\overline{u}^{(i)}p^{(i)}\int v^{(i)}dp^{(i)}-\Sigma\,\overline{v}^{(i)}q^{(i)}\cdot\int v_1^{(i)}dq^{(i)}+e\,(\Sigma\,\overline{u}^{(i)}p^{(i)}+\Sigma\,\overline{v}^{(i)}q^{(i)})\,(V_{a'}-V_a)=0.$$

(Jfr härmed två afhandlingar af M. Planck: Ueber die Erregung von Electricität und Wärme in Electrolyten, Ueber die Potentialdifferenz zwischen zwei verdünnten Lösungen binärer Electrolyte, i B. 39 och 40 (1890) af Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge).

Men vår förutsättning om oföränderligheten af $\frac{\alpha h}{v}$, etc., det var, om strömningens stationära beskaffenhet, innebär, att förhållandena $\frac{h}{v}:\frac{h'}{v'}$, $\frac{h}{v}:\frac{h_1}{v_1}$, etc. behålla samma värden i A och A', alltså att förhållandena $\overline{u}p:\overline{u}'p'$, $\overline{u}p:\overline{v}q$, etc. äro de samma i A' som i A och att således, emedan $\overline{u}$, $\overline{u}'$, $\overline{v}$, etc. ha samma värden i båda lösningarne, att

$$\left(\frac{p}{p'}\right)_A=\left(\frac{p}{p'}\right)_{A'},\quad\left(\frac{p}{q}\right)_A=\left(\frac{p}{q}\right)_{A'},\ \text{o. s. v.};$$

med andra ord, att

$$\frac{p_A}{p_{A'}}=\frac{p'_A}{p'_{A'}}=\frac{q_A}{q_{A'}}=\,.\,.\,.\,.$$

Därmed erhåller (37) den enklare formen:

$$(37')\qquad A\,|\,A'=V_a-V_{a'}=\frac{kmT}{e}\,\frac{U-V}{U+V}\log\left(\frac{p_{A'}}{p_A}\right),$$

med

$$U = \Sigma\left(\overline{u}^{(i)}p^{(i)}\right)_A, \quad V = \Sigma\left(\overline{v}^{(i)}q^{(i)}\right)_A.$$

13. Det torde af hvad här blifvit nämndt vara ganska tydligt, att intet kan sägas om elektromotoriska kraften i en stapel, utan att man känner, huru det kemiska förloppet är beskaffadt därinom. Exempelvis skall jag upptaga frågan om elektromotoriska kraften i DANIELL's stapel. Det kemiska förloppet därinom är oss bekant, och därför kunna vi direkt tillämpa på vår fråga räsonnementen i föregående artikel. DANIELL's stapel är sammansatt efter schemat:



$$Zn \,|\, ZnSO^4 \,|\, CuSO^4 \,|\, Cu.$$

Genom skiljeytan emellan Zn och $ZnSO^4$ går endast en a-ion (Zn) och ingen b-ion, i det den förra Zn-ionen sammansätter sig med en b-ion (SO^4), som kommer från $ZnSO^4$, och samtidigt därmed den betraktade skiljeytan flyttar sig tillbaka åt Zn-elementet till. Därför, — då fortfarande får antagas, att intet värmeutbyte eger rum vid ifrågavarande skiljeyta emellan stapeln och omgifningen, — gäller för beträffande skiljeyta en ekvation sådan som den första (36), integrerad öfver denna skiljeyta, men med $\int dH = 0$, alltså *):

$$V_{Zn} - V_{ZnSO^4} = Zn \,|\, ZnSO^4 = \frac{kmT}{e} \log\left(\frac{p_{ZnSO^4}}{p_{Zn}}\right).$$

Genom nästa skiljeyta $ZnSO^4 | CuSO^4$ går endast en b-ion (SO^4), som kommer från $CuSO^4$ och förenar sig med en Zn-ion, som kommer från $ZnSO^4$, medan samtidigt denna skiljeyta flyttar sig från $ZnSO^4$ åt $CuSO^4$ till. Och vi finna då äfven nu af (36), emedan också vid denna skiljeyta intet värmeutbyte eger rum emellan stapeln och omgifningen och således här $\int dK = 0$, en så lydande formel:

$$ZnSO^4 \,|\, CuSO^4 = -\frac{kmT}{e} \log\left(\frac{p_{CuSO^4}}{p_{ZnSO^4}}\right).$$

Genom sista gränsytan slutligen, gränsen emellan $CuSO^4$ och Cu, går blott en a-ion Cu, som kommer från $CuSO^4$, och därför, då äfven här ej värmeutveckling som sådan är för handen, följer af t. ex. den andra af ekvationerna (36) med $\int dH' = 0$, att nu:

$$CuSO^4 \,|\, Cu = \frac{kmT}{e} \log\left(\frac{p_{Cu}}{p_{CuSO^4}}\right).$$

Stapelns elektromotoriska kraft bekommer följaktligen värdet

$$(38) \qquad -\{Zn \,|\, ZnSO^4 + ZnSO^4 \,|\, CuSO^4 + CuSO_4 \,|\, Cu\} = \frac{kmT}{e} \log\left(\frac{p_{Zn}}{p_{Cu}}\right) + \\ + 2\,\frac{kmT}{e} \log\left(\frac{p_{CuSO^4}}{p_{ZnSO^4}}\right).$$

---

*) Af exakt liknande skäl försvinna $\int_{A'}^{M_2} dM'$, $\int_{A}^{M_1} dM'$ i formlerna (34), (35) sid. 22 i »Sammanhanget etc.»

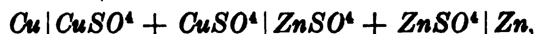
där, om båda salterna ha samma koncentration, den sista termen försvinner. Härtill kommer, när kedjan slutes med en koppartråd, en elektrisk differens, beroende på utbyte af *Zn*- och *Cu*-ioner vid koppartrådens kontaktsyta med *Zn*-elementet, och som därför skall beräknas efter (37′) eller, som är detsamma, formel (33) med $a = d = 0$, $b = c$ (art. 11):

$$(39) \qquad Cu \,|\, Zn = -\frac{kmT}{e} \, \frac{\bar{u}_{Zn} - \bar{u}_{Cu}}{\bar{u}_{Zn} + \bar{u}_{Cu}} \log \left(\frac{p_{Zn}}{p_{Cu}} \right).$$

Men *Zn*- och *Cu*-ionerna ha nära på samma vandringstal, och därför kan den senare differensen försummas.

Daniell's stapel är reversibel. Genom att inleda en elektrisk ström i motsatt riktning, återställes det första tillståndet inom stapeln. Genom att för den inledda strömmen bilda på nytt de elektriska differenserna finna vi äfven samma summa af dem som förut.

Men differensen $Cu \,|\, Zn$ är ej alltid att försumma eller att beräkna efter formel (39). Det synes snarare som om den *observerade* elektriska differensen mellan två ledare af första ordningen L_1 och L_2 vore att fatta som t. ex. en differens $Cu \,|\, Zn$, beräknad efter fallet med mellanskjuten syra, alltså som t. ex.



$$Cu \,|\, CuSO^4 + CuSO^4 \,|\, ZnSO^4 + ZnSO^4 \,|\, Zn,$$

och efter (38) skulle vi i denna mening sätta

$$L_1 \,|\, L_2 = \frac{kmT}{e} \log \left(\frac{p_{L_2}}{p_{L_1}} \right).$$

Med en sådan uppfattning af betydelsen af venstra membrum återfinner man också genast Volta's regel för ledare af första ordningen L_1, L_2, L_3:

$$L_1 \,|\, L_2 + L_2 \,|\, L_3 + L_3 \,|\, L_1 = 0.$$

§ 3.

Om proportionen mellan antalen af molekulpar, molekuler och ioner i en lösning.

14. Efter hvad i det föregående utvecklades, är det numera möjligt att dess närmare bestämma, huru en gifven lösning af K är sammansatt af molekulpar, enkla molekuler och ioner. Antag nämligen, att μ molekulpar af K äro lösta i en lösningsvätska R, som står ensam, och att däri endast finnas m par af molekuler, så sinsemellan förbundna som i K, däremot m' enkla molekuler af *ett* slag, och likaså m'' enkla molekuler af det andra slaget, samt n' positiva a-ioner och n'' negativa b-ioner. När ett stationärt tillstånd inträdt, ha vi att räkna med ej mindre än fem gebit i R, som alla öfvertäcka eller genomtränga hvarandra, nämligen R

som fylldt med m molekulpar af K, och häri ett osmotiskt tryck $p = k_m T \frac{m}{V}$, då V är R:s volum, vidare samma R som fylldt af m' enkla molekuler af K, med ett osmotiskt tryck $p' = k_m T \frac{m'}{V}$, och R som fylldt af de andra m'' enkla molekulerna, med trycket $p'' = k_m T \frac{m''}{V}$, sedermera R som fylldt af n' a-ioner, med trycket $\pi' = k_m T \frac{n'}{V}$, och slutligen R som helt upptaget af de n'' b-ionerna, med trycket $\pi'' = k_m T \frac{n''}{V}$. Då nu, absolute taget, intet stillastående råder, utan sönderdelning och sammansättning jämnt pågår, så skall för omsättningen emellan molekulpar och enkla molekuler gälla enligt räsonnementen i § 6 i »Kroppars lösning etc.», att *)

$$\frac{p}{\sigma} = \frac{p'p''}{\sigma^2},$$

då σ är molekulparets gränstryck vid den gifna temperaturen; alltså:

(40) $$m \sigma V = m'm'' k_m T.$$

Vi finna likaledes för omsättningen emellan molekuler och ioner:

(41) $$m' \sigma' V = n'n'' k_m T, \quad m' = m''.$$

Här betyder σ' en enkel molekuls gränstryck vid temperaturen T. Ekvationen $m' = m''$ är särskildt anmärkningsvärd såsom giltig i detta fall. I det fall, som vi närmast härefter skola behandla, eger i allmänhet denna relation icke bestånd.

Till de tre ekvationerna (40), (41) komma vidare dessa två:

(42) $$n' = n'', \quad m + \frac{1}{2}(m' + m'') + \frac{1}{4}(n' + n'') = \mu,$$

hvarmed vi erhållit inalles fem ekvationer för bestämning af de fem obekanta: m, m', m'', n', n''. Detta gäller det stationära tillståndet, som vi gärna utmärka som ett jämviktstillstånd för K-lösningen i R.

15. R förutsattes ensam. Men antag nu, att R står i beröring med en annan lösningsvätska R'. Då finna vi äfven i R' molekulpar af K, låt vara m_1 stycken, samt enkla molekuler af båda slagen, till antalet låt vara m'_1, m''_1, och ioner a och b af olika slag, låt vara n'_1 a-ioner och n''_1 b-ioner. Låt de förra beteckningarna: m, m', etc. afse antalen af hvad som finnes nu i R af molekulpar af K, af enkla molekuler af ena slaget af samma kropp, o. s. v., då ett stationärt tillstånd inträdt. V skall betyda R:s volum och V' volumen af R'.

Vi må nu bemärka, att, när frågan gäller omsättning mellan molekulpar och enkla molekuler af K i R- och R'-lösningarne, och då det slutliga jämviktstillståndet

*) Se äfven ofvanst. art. 8 femte stycket och ekv. (9).

afses, så få vi räkna med alla volum-rörelserna reducerade till harmoniska pulsationer och därför bruka ekvationer ensamt af typen (40), såsom dessa:

$$(43)\qquad \begin{cases} m\sigma V' = m'' m_1' k_{\bar{m}} T, \text{ eller } m\sigma V' = m' m_1'' k_{\bar{m}} T, \\ m_1\sigma V = m_1'' m' k_{\bar{m}} T, \text{ eller } m_1\sigma V = m_1' m'' k_{\bar{m}} T, \end{cases}$$

fortfarande med σ i betydelse af gränstryck för K:s molekulpar *). Likaså finna vi för omsättningen emellan ioner och enkla K-molekuler, när σ' är en enkel K-molekuls gränstryck:

$$(44)\qquad \begin{cases} m'\sigma' V' = n' n_1'' k_{\bar{m}} T, \\ m''\sigma' V' = n_1' n'' k_{\bar{m}} T, \end{cases}$$

$$(m_1'\sigma' V = n'' n_1' k_{\bar{m}} T,\quad m_1''\sigma' V = n' n_1'' k_{\bar{m}} T, \text{ alltså:})$$

$$(44')\qquad m_1' V = m'' V',\quad m_1'' V = m' V',$$

(och det vill säga, att trycket är detsamma inom det ena slaget af K-molekuler i R som inom K-molekulerna af det andra slaget i R'. De blanda sig icke, utan skilja sig från hvarandra för sin motsatta orientering).

Af de två sista ekvationerna sluta vi till relationen:

$$\frac{m' - m''}{V} = \frac{m_1'' - m_1'}{V'},$$

till hvilken hänvisats ofvan i art. 6.

Tydligtvis gälla äfven dessa ekvationer:

$$(45)\qquad \begin{cases} n' + n_1' = n'' + n_1'', \\ m + m_1 + \frac{1}{2}(m' + m_1' + m'' + m_1'') + \frac{1}{4}(n' + n_1' + n'' + n_1'') = \mu, \end{cases}$$

när inalles μ molekulpar af K trädt i lösning.

16. När vidare h' är hastighet för en af de $m' + m_1'$ K-molekulerna i lösningen, och h'' är hastighet för en af de andra $m'' + m_1''$ enkla molekulerna af samma K **), samt $\left(\frac{\varkappa v}{\alpha}\right)_R$ och $\left(\frac{\varkappa v}{\alpha}\right)_{R'}$ äro de i den andra noten till art. 6 omtalta, af K och R resp. R' beroende koefficienterna i uttrycken för dessa molekulers oscillationer i R och R':

$$\Delta h' = -4\pi \frac{\varkappa v}{\alpha} h' \frac{\alpha}{v} \sin nt,\quad \left(\frac{h'\alpha}{v}\right)_R = \left(\frac{h'\alpha}{v}\right)_{R'},$$

$$\Delta h'' = +4\pi \frac{\varkappa v}{\alpha} h'' \frac{\alpha}{v} \sin nt,\quad \left(\frac{h''\alpha}{v}\right)_R = \left(\frac{h''\alpha}{v}\right)_{R'},$$

*) Det skulle först närmare den följande räkningens slut för särskildt förelagdt fall kunna afgöras emellan ekvationsparen (43), hvilketdera det är som passar, i fall man vill behålla $m' > m''$.

**) $h' > h''$, då $m' > m''$. Se art. 6.

(obs., ingen ändring här af h' och h'', analog med ändringen i art. 11): så se vi af den andra af ekvv. (24) i »Kroppars lösning», att:

$$(46)\qquad 12\pi^2\rho_0 Jv\left(\left(\frac{\varkappa v}{\alpha}\right)_R-\left(\frac{\varkappa v}{\alpha}\right)_{R'}\right)(h'+h'')\frac{\alpha}{v}=2\overline{km}T\log\left(\frac{m_1}{m}\frac{V}{V'}\right),$$

som vi fatta som ekvation för $\frac{m}{m_1}$. Vi ha då tänkt oss h' och h'' bekanta i R, äfvensom att en af dessa hastigheter, låt vara h', är bekant äfven i R'; vi göra vidare bruk af ekvationen $h'_R : h'_{R'} = \left(\frac{\alpha}{v}\right)_{R'} : \left(\frac{\alpha}{v}\right)_R$ för bestämning af detta senare förhållande eller, som kommer ut på detsamma, för bestämning af produkten $\left(\frac{v}{\alpha}\right)_{R'}\left(\frac{\alpha}{v}\right)_R$, och vi antaga slutligen äfven $\varkappa_R$ och $\varkappa_{R'}$ bekanta.

17. Emellan R och R' råder äfven en elektrisk olikhet, som är förmedlad af ioner a och b, som lägrat sig vid lösningarnes kontaktsyta och där fortfarande hafva känning af det termiska tryck, som tillhör de $m+m_1$ i lösningarne ingående molekulparen af K. Därför skall elektriska differensen mellan lösningarne i R och R' beräknas enligt den i början af art. 10 och slutet af art. 11 omtalta formeln af NERNST. Om $\bar{u}$ och $\bar{v}$ äro a- resp. b-ionernas vandringstal vid temperaturen T, så skola vi alltså skrifva:

$$R\,|\,R' = V_R - V_{R'} = \frac{\bar{u}-\bar{v}}{\bar{u}+\bar{v}}\frac{\overline{km}T}{e}\log\left(\frac{m_1 V}{m V'}\right).$$

Men häraf och af formen för R och R' skulle vi sedan hafva att sluta till kvantiteterna af R:s och R':s elektriska laddningar. Om R:s laddning är positiv, och Q är dess storlek, så skola vi få

$$(47)\qquad Q=(n'-n'')\,e.$$

Härmed kompletteras de nio föregående ekvationerna (43)—(46), så att därigenom m, m_1; m', m''; m'_1, m''_1; n', n''; n'_1, n''_1 bli bestämda, förutsatt att $\sigma, \sigma', \varkappa_R, \varkappa_{R'}, h', h''$ samt $\frac{\bar{u}}{\bar{v}}$ äro bekanta. Men $\varkappa_R, \varkappa_{R'}$ bero i sin ordning af $m', \ldots m''_1$ och $\lambda_R, \lambda_{R'}$ (art. 6), och därför blir icke den föregående lösningen fullständig. Men om förhållandet mellan K-lösningens koncentrationer i R och R' blifvit kändt, så blir frågan om fördelningen mellan R och R' af K-molekuler och därifrån separerade ioner fullt besvarad af ekvationerna (43), (44), (44'), (45), (47).

18. Bemärkas må, att de enkla K-molekulerna i lösningarne äro vid dessa lösningars gränsytor i oscillationer och stå där under inflytande af trycket från de i samma lösningar befintliga och stillastående molekulparen af K, — så som för ekv. (46) äfven är förutsatt. Enligt föregående gäller liknande om a- och b-ionerna å samma ställen. För dessa oscillationers skull hos de enkla molekulerna och hos

de nämnda ionerna kunna vi ej räkna med osmotiska tryck från dem, men väl med elektromagnetiska och elektriska krafter. Med osmotiskt tryck från dem skall däremot räknas där de befinna sig i hvila utan oscillationer. De ojämförligt flesta enkla K-molekuler och ioner i lösningarne äro också af det senare slaget, de sakna oscillationer.

§ 4.

Om genomskinliga kroppars förmåga att vrida ljusets polarisationsplan.

19. I art. 5 fäste jag särskild uppmärksamhet vid den förskjutning, som en termiskt polariserad värmekälla kan åstadkomma af de två olika partierna af en K-lösning, med hvartdera partiet utgjordt af enkla K-molekuler, motsatt orienterade i de två partierna. Af hvad förut i § 1 anmärktes framgår, att dessa partier fortfarande skola betraktas som två gallerverk, som gripa oändligt in i hvarandra och ha sina ytor belagda med magnetiska lager, som delvis förtaga det ena partiets verkan för det andra. Häraf skall då ock följa, att en tillfällig ändring af det ena partiets magnetism endast i en lägre grad frambringar en ändring i det andra partiets motsatta magnetism, dock så att en ökning af det förras magnetism medför i någon grad äfven ökning af det andras motsatta magnetism, en minskning i det förras äfven en minskning i det senares.

Härpå skulle, synes det mig, så som jag i det följande närmare skall förklara, vissa kroppars förmåga att vrida polarisationsplanet för infallande rätlinigt polariseradt ljus bero.

20. I en serie afhandlingar i Öfversikten af Sv. Vetenskapsakademiens Förhandlingar och i Bih. till Handlingarne åren 1893—1897 *) har jag mycket sysselsatt mig med frågan om solens och jordens magnetism. Den senare anser jag vara alstrad af den förra, och jag anser vidare, att af solmagnetism kunna särskiljas två slag. Det ena slaget gör solen likformigt magnetiserad parallellt med dess rotationsaxel, det andra slaget magnetism öfvertäcker solytan med ett transverselt magnetiskt dubbellager med konstant moment. Denna senare magnetism skulle bero på likformigt öfver ytan utbredda, å densamma i infinitesimala ovaler kretsande elektriska strömmar. Dessa strömmar bemärkas i första hand genom ljus och värme, och det blir särskildt för kroppar med egen rörelse i förhållande till solen som magnetisk verkan från de senare strömmarne kan iakttagas, då nämligen städse verkningarne från strömmarne på den bortvända delen af solytan skola yttra sig på ett gifvet föremål senare än verkningarne från strömmarne på de åt samma föremål

*) Härför har jag i största korthet redogjort i afd. II af »Elektrische und Magnetische Theorien» Lunds Univ. Årsskr. B. 34 (1898).

vända delar af samma yta *). Men hvarje kropp, som utsänder ljus eller värme, har likartade magnetiska karakterer och får därmed på omgifningen ett motsvarande inflytande. Detta gällde de magnetiska karaktererna. De termiska karaktererna hos sol och jord äro af samma slag **). Och detsamma må bli fallet med andra värmekällor, som därför gentemot en annan kropp presentera sig som i riktning ditåt termiskt polariserade. I någon grad alltid kan en vanlig värmekälla därför enligt föregående artikel verka deplacerande af en lösnings två molekulgebit i deras förhållande till hvarandra, särskildt åstadkomma deplacering åt värmekällan till.

21. Ett annat slag af förskjutning, än den senast nämnda, som var framkallad af en förhanden varande ljus- eller värmekälla, och som bortgår, då denna senare aflägsnas, kan tänkas frambrakt af de termiska strömmar i jorden, hvilkas axlar äro parallella med axeln för jordens permanenta magnetism ***). En sådan förskjutning kan tänkas framkallad hos kvartsen i flytande tillstånd vid dess bildning inom jorden. Då samma förskjutning vid stelningen stannar kvar, blir det den som föranleder, att polarisationsplanet för rätlinigt polariseradt ljus vrides åt ett bestämdt håll, när ljuset infaller i gifven riktning.

Om de två molekulsystemen i kvarts, som af nämnda orsak ha fått i en bestämd riktning en fast förskjutning mot hvarandra, betecknas med A och B, och vi tänka oss därutanför i linie med förskjutningen, men på ömse sidor om kvartsstycket, två punkter a och b, samt att A sträcker sig öfver B åt a till, så skall B sträcka sig lika mycket öfver A åt b till. Och då nu molekulerna i A äro motsatt orienterade mot dem i B, dock alla parallelt med ab-linien, så kommer kvartsstycket att presentera sig lika i magnetiskt och i termiskt hänseende för a som för b.

22. En elektrisk rörelse, som fortplantar sig till en kropp af den här antagna sammansättningen af två motsatt orienterade molekulsystem, som fått en förskjutning relativt hvarandra, verkar långt ifrån lika direkt på båda systemen. Om t. ex. det blir fråga om verkan af en sådan elektrisk rörelse som ljus, som från stället a, som betraktades i slutet af förra artikeln, fortplantas till där nämnda kvartsstycke (A, B), så blir det A, som af ljuset afficieras direkt, och B afficieras endast genom induktion från A. Om kvartsstycket omkastas eller om det är från b som ljus insläppes, så är det i stället B, och ej A, som afficieras direkt. Men på grund af A:s och B:s karakterer inbördes kommer då ljuset från a att för en åskådare i b presentera sig på samma vis förändradt, som ljuset från b skall presentera sig förändradt för en åskådare i a. Härom närmare i art. 27.

*) Bih. till K. Sv. Vet. Ak. Handl. B. 20, II, 1894 s. 3, 5 (art. 29), 20.
**) Bih. till K. Sv. Vet. Ak. Handl. B. 21, I, 1895 s. 11, 13, 16.
***) Jfr. Bih. B. 20, I, N. 2 s. 20 och Bih. B. 21, I, s. 11.

23. Då vi uppfatta ljusrörelsen som en elektrisk rörelse, utveckla vi dess närmare konsekvenserna af det nyss nämnda på sätt som följer, under användning af de MAXWELL'ska formlerna för de elektriska strömmarne *).

Vi beteckna strömkomponenterna i punkten (x, y, z) med u, v, w; komponenterna af den elektriska kraften sammastädes med P, Q, R; potentialen af befintliga elektriska massor med ψ; komponenterna af den magnetiska induktionen med a, b, c; koefficienten för elektriska ledningsförmågan med k; dielektricitetskonstanten med K; magnetiseringskonstanten med μ samt ljusets fortplantningshastighet med A.

De MAXWELL'ska formlerna uttryckas då på följande sätt i ett Cartesiskt axelsystem, där axlarne äro så orienterade, att från positiva X-axeln vridningen 90° från positivt Y till positivt Z skulle synas gå i motsatt riktning mot hvad visaren på ett ur går; och äfvenså skulle vridningarne 90° från positivt Z till positivt X och från positivt X till positivt Y synas från positiva Y- resp. positiva Z-axeln riktade på lika vis, alltså försiggå från höger till venster, från punkter på nämnda positiva axlar sedt:

(48)
$$\begin{cases} u = \left(k + \dfrac{K}{4\pi A^2}\dfrac{d}{dt}\right)P, \\ v = \left(k + \dfrac{K}{4\pi A^2}\dfrac{d}{dt}\right)Q, \\ w = \left(k + \dfrac{K}{4\pi A^2}\dfrac{d}{dt}\right)R; \end{cases}$$

(49)
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0;$$

(50)
$$\begin{cases} P = c\dfrac{dy}{dt} - b\dfrac{dz}{dt} - \dfrac{\partial F}{\partial t} - \dfrac{\partial \psi}{\partial x}, \\ Q = a\dfrac{dz}{dt} - c\dfrac{dx}{dt} - \dfrac{\partial G}{\partial t} - \dfrac{\partial \psi}{\partial y}, \\ R = b\dfrac{dx}{dt} - a\dfrac{dy}{dt} - \dfrac{\partial H}{\partial t} - \dfrac{\partial \psi}{\partial z}; \end{cases}$$

(51)
$$\begin{cases} a = \dfrac{\partial H}{\partial y} - \dfrac{\partial G}{\partial z}, \\ b = \dfrac{\partial F}{\partial z} - \dfrac{\partial H}{\partial x}, \\ c = \dfrac{\partial G}{\partial x} - \dfrac{\partial F}{\partial y}; \end{cases}$$

*) I min afhandling »Ueber die magneto-optischen Erscheinungen» i B. 1 (1903) af K. Sv. Vetenskapsakademiens Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik har jag gifvit *i allt väsentligt*, förutom annat, den användning af MAXWELL's formler, som nu skall följa.

$$(52)\quad \begin{cases} \Delta^2 F - \dfrac{\partial J}{\partial x} = -4\pi\mu u, \\ \Delta^2 G - \dfrac{\partial J}{\partial y} = -4\pi\mu v, \\ \Delta^2 H - \dfrac{\partial J}{\partial z} = -4\pi\mu w, \\ J = \dfrac{\partial F}{\partial x} + \dfrac{\partial G}{\partial y} + \dfrac{\partial H}{\partial z}. \end{cases}$$

Af hvad som utvecklades i art. 27, 28 af »Sammanhanget etc.» skulle följa om de partiklar i en strömbana, som icke dissocieras, att de af strömmen förflyttas i dess positiva riktning, förutsatt om denna ström, att den utgöres i samma grad af förtätade som af förtunnade etervågor, de ena gående i motsatt riktning mot de andra. *I detta fall finge vi då skrifva för en skenbart stillastående metallisk kropp:*

$$(53)\quad \frac{dx}{dt} = \varkappa u,\ \frac{dy}{dt} = \varkappa v,\ \frac{dz}{dt} = \varkappa w,$$

$\varkappa$ *positivt.* För en oledare, en diamagnetisk kropp, bruka vi äfven ekvv. (53), men med $\varkappa$ *negativt.* I hvarje fall är $\varkappa$ mycket litet, och detta får till följd, att i (48) vi må skrifva $\frac{\partial}{\partial t}$ i st. f. $\frac{d}{dt}$. När ρ är tätheten (å stället (x, y, z)) för den fria elektriciteten, så

$$\Delta^2\psi = -4\pi\rho,$$

och vi sluta af (48) samt efterföljande ekvationer, att

$$\Delta^2 u = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\Delta^2 P$$
$$= \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(\Delta^2\,[\varkappa\,(cv - bw)] - \frac{\partial^2 J}{\partial x \partial t} + 4\pi\mu\,\frac{\partial u}{\partial t} + 4\pi\,\frac{\partial\rho}{\partial x}\right),$$

eller:

$$(54)\quad \Delta^2 u = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left\{\varkappa\Delta^2\,(cv - bw) + 4\pi\mu\,\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial J}{\partial t} - 4\pi\rho\right)\right\}.$$

Men enligt (49):

(55)

$$\left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left\{\varkappa\,\frac{\partial}{\partial x}\,(cv - bw) + \varkappa\,\frac{\partial}{\partial y}\,(aw - cu) + \varkappa\,\frac{\partial}{\partial z}\,(bu - av) - \frac{\partial J}{\partial t} + 4\pi\rho\right\} = 0\ ^{*}).$$

*) Om vi utmärka med X, Y, Z komponenterna af den elektromagnetiska kraft, som utöfvas på (u, v, w), så kunna vi skrifva (55) under formen:

$$\left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(\varkappa\left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z}\right) - \frac{\partial J}{\partial t} + 4\pi\rho\right) = 0.$$

Om därför vi införa Ω genom ekvationen:

(56) $$\Omega = \frac{\partial}{\partial x}(cv - bw) + \frac{\partial}{\partial y}(aw - cu) + \frac{\partial}{\partial z}(bu - av)\,^{*}),$$

så sluta vi af (54) och (55) efter elimination af J, att:

(56′) $$\Delta^2 u = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial u}{\partial t} + \varkappa\Delta^2(cv - bw) - \varkappa\frac{\partial\Omega}{\partial x}\right),$$

och häraf genom allenast bokstafspermutation:

(56″) $$\Delta^2 v = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial v}{\partial t} + \varkappa\Delta^2(aw - cu) - \varkappa\frac{\partial\Omega}{\partial y}\right),$$

(56‴) $$\Delta^2 w = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial w}{\partial t} + \varkappa\Delta^2(bu - av) - \varkappa\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right).$$

24. Af de termer, som innehålla $\varkappa$ som faktor, äro endast de att behålla, i hvilka samtidigt något osedvanligt stort värde för a eller b eller c ingår, ty $\varkappa$ är i hvarje fall mycket litet. Vi vilja särskildt anteckna formen för ofvanstående ekvation i det fall, att en mycket stor magnetisk kraft existerar, som öfverallt i de kroppar, hvilka föreligga till betraktelse, *har samma riktning och bevarar denna lika alla tider*. När vi taga Z-axeln i denna krafts riktning, så skrifva vi i (56) $a = b = 0$, $c = C\,^{**})$, och vi finna då:

(57) $$\begin{cases} \Delta^2 u = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial u}{\partial t} + \varkappa\Delta^2(Cv) - \varkappa\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial}{\partial x}(Cv) - \frac{\partial}{\partial y}(Cu)\right)\right), \\ \Delta^2 v = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial v}{\partial t} - \varkappa\Delta^2(Cu) - \varkappa\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial}{\partial x}(Cv) - \frac{\partial}{\partial y}(Cu)\right)\right), \\ \Delta^2 w = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial w}{\partial t} \qquad - \varkappa\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial}{\partial x}(Cv) - \frac{\partial}{\partial y}(Cu)\right)\right), \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \end{cases}$$

I det följande antaga vi dessutom C till storleken konstant, oberoende af x, y, z, t, och finna då för den elektriska strömningen i en kropp med konstanta k, K, $\varkappa$ och μ följande ekvationer:

(58) $$\begin{cases} \Delta^2 u = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial u}{\partial t} + \varkappa C\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y}\right)\right), \\ \Delta^2 v = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial v}{\partial t} + \varkappa C\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z}\right)\right), \\ \Delta^2 w = \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial w}{\partial t} + \varkappa C\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}\right)\right), \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \end{cases}$$

---

*) Eller: $$\Omega = \frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z}.$$

**) $\frac{C}{\mu}$ är då storleken af den magnetiska kraften.

25. Dessa formler skola vi tillämpa på de i artt. 21, 22 omnämnda molekulsystemen, *från hvilkas ovalströmmar krafter C/μ komma, som för hvartdera systemet kunna betraktas som konstanta, och äro af samma storlek för båda systemen, men af motsatt riktning för dem.*

Angående A-systemet skulle sålunda i första hand det efterföljande vara att beakta.

En partikulär lösning af (58) härleda vi med lätthet, nämligen en af formen:

$$u = \text{Reell del af } \alpha e^{az+bt}$$
$$v = \text{Reell del af } \beta e^{az+bt}$$
$$w = 0.$$

Vi skola blott bestämma konstanterna så att:

$$\alpha\left(a^2 - 4\pi k\mu b - \frac{K\mu}{A^2}b^2\right) = \beta\varkappa C a^2\left(k + \frac{K}{4\pi A^2}b\right),$$
$$\beta\left(a^2 - 4\pi k\mu b - \frac{K\mu}{A^2}b^2\right) = -\alpha\varkappa C a^2\left(k + \frac{K}{4\pi A^2}b\right),$$

d. v. s.

$$(59)\qquad \begin{cases} \alpha = \pm\beta\sqrt{-1}, \\ a^2\left(1 \pm k\varkappa C\sqrt{-1} \pm \dfrac{K\varkappa C}{4\pi A^2}b\sqrt{-1}\right) = \dfrac{K\mu}{A^2}b^2 + 4\pi k\mu b. \end{cases}$$

Därför kunna icke både a och b vara reella. Mot ett värde $b = b_1 + b_2\sqrt{-1}$ svara för de två tecknen i faktorn till a^2 tvenne värden på $a^2 = (a_1 + a_2\sqrt{-1})^2$, som, när andra potensen af $\varkappa C$ försummas, bli af formen:

$$(c_1 + c_2\sqrt{-1})^2\left(1 \pm \frac{1}{2}\frac{K\varkappa C}{4\pi A^2}b_2 \mp \frac{1}{2}\left(k + \frac{Kb_1}{4\pi A^2}\right)\varkappa C\sqrt{-1}\right)^2.$$

Skrifva vi:

$$a_1' = c_1\left(1 + \frac{1}{2}\frac{K\varkappa C}{4\pi A^2}b_2\right) + \frac{1}{2}c_2\left(k + \frac{Kb_1}{4\pi A^2}\right)\varkappa C,$$
$$a_2' = c_2\left(1 + \frac{1}{2}\frac{K\varkappa C}{4\pi A^2}b_2\right) - \frac{1}{2}c_1\left(k + \frac{Kb_1}{4\pi A^2}\right)\varkappa C;$$
$$a_1'' = c_1\left(1 - \frac{1}{2}\frac{K\varkappa C}{4\pi A^2}b_2\right) - \frac{1}{2}c_2\left(k + \frac{Kb_1}{4\pi A^2}\right)\varkappa C,$$
$$a_2'' = c_2\left(1 - \frac{1}{2}\frac{K\varkappa C}{4\pi A^2}b_2\right) + \frac{1}{2}c_1\left(k + \frac{Kb_1}{4\pi A^2}\right)\varkappa C;$$

så finna vi för de ifrågasatta partikulära strömningarne dessa uttryck:

$$(60)\qquad \begin{cases} u = De^{a_1'z + b_1t}\cos(a_2'z + b_2t), \\ v = De^{a_1'z + b_1t}\sin(a_2'z + b_2t),\quad w = 0 \end{cases}$$

för den ena strömningen, och

$$(61)\qquad \begin{cases} u = De^{a_1''z + b_1t}\cos(a_2''z + b_2t), \\ v = -De^{a_1''z + b_1t}\sin(a_2''z + b_2t),\quad w = 0 \end{cases}$$

för den andra. Det blir två cirkulära strömningar, som skulle ha uppkommit af en strömning på ytan $z = 0$ sådan som denna:

$$(62) \qquad u = 2De^{b_1 t} \cos b_2 t, \; v = 0, \; w = 0.$$

Vi kunna tänka oss $b_1 = 0$ och få då för lineärt polariseradt ljus, som ej ändrar intensitet, ekvationer af formen (62). Dylikt ljus alstrar således i A-systemet tvenne cirkulärt polariserade ljusrörelser, motsatt polariserade och fortplantande sig med olika hastigheter $= -\frac{b_2}{a'_2}, -\frac{b_2}{a''_2}$. Differensen $\frac{a''_2 - a'_2}{b_2}$ mellan deras inverterade värden blefve

$$-\frac{K\varkappa C}{4\pi A^2} c_2 + k\varkappa C \frac{c_1}{b_2},$$

men när $b_1 = 0$, $b_2 > 0$, så är

$$c_1^2 = b_2 \sqrt{\frac{K^2\mu^2 b_2^2}{4A^4} + 4\pi^2 k^2 \mu^2} - \frac{K\mu}{2A^2} b_2^2,$$

$$c_2^2 = b_2 \sqrt{\frac{K^2\mu^2 b_2^2}{4A^4} + 4\pi^2 k^2 \mu^2} + \frac{K\mu}{2A^2} b_2^2.$$

Alltså, c_1 och c_2 olika. Endast om $k = 0$, blir $c_1 = 0$, och därmed äfven $a'_1 = a''_1 = 0$. Eljest a'_1 och a''_1 olika. När icke k försvinner, men $K = 0$, så blir $c_1 = c_2$ och $a'_1 = a''_2$, $a''_1 = a'_2$. Att man måste för a'_2 och a''_2 bruka deras negativa värden, när rörelsen fortplantas utmed positiva Z-axeln, såsom fallet blir, när ljuset (62) infaller i denna riktning, är tydligt af formen för argumenten för sinus- och cosinusfunktionerna i (60) och (61). Men däraf följer sedan, att för c_1 och c_2 skola brukas endast deras negativa värden, och därmed äfvenså, att a'_1 och a''_1 skola vara negativa.

26. När $k = 0$, blir det lättast att öfverse de inträdande förhållandena. Rätlinigt polariseradt ljus (62) med $b_1 = 0$ fortplantas då genom A i form af cirkulärt polariseradt ljus af två slag, det ena med vridning af polarisatinonsplanet åt venster det är ljuset (60):

$$(63) \qquad u = D \cos (a'_2 z + b_2 t), \; v = D \sin (a'_2 z + b_2 t), \; w = 0,$$

det andra vridande polarisationsplanet i motsatt led, det är ljuset (61):

$$(64) \qquad u = D \cos (a''_2 z + b_2 t), \; v = -D \sin (a''_2 z + b_2 t), \; w = 0.$$

Emedan a'_2 och a''_2 äro olika, nämligen

$$a'_2 = c_2 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{K\varkappa C}{4\pi A^2} b_2\right), \; a''_2 = c_2 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{K\varkappa C}{4\pi A^2} b_2\right), \; c_2 = \frac{\sqrt{K\mu}}{A} b_2,$$

komma dessa två ljusrörelser att fortplanta sig med olika hastigheter och skola

därför vid sitt utträde från A-systemet sammansätta sig till rätlinigt polariseradt ljus med svängningsplanet vridet från svängningsplanet för (62) vinkeln

$$\frac{1}{2}(a'_2 - a''_2)\,d = -\frac{1}{2}\frac{K\varkappa C}{4\pi A^3}\sqrt{K\mu}\,b_2^2 d, \tag{65}$$

när med d utmärkes A-systemets längd, räknad utmed Z-axeln. Man finner nämligen vid ljusets utträde, där $z = d$, då vid inträdet vi hade $z = 0$:

$$u = D(\cos(a'_2 z + b_2 t) + \cos(a''_2 z + b_2 t)) = 2D\cos\frac{1}{2}(a'_2 - a''_2)\,d\cos\left(\frac{1}{2}(a'_2 + a''_2)\,d + b_2 t\right),$$

$$v = D(\sin(a'_2 z + b_2 t) - \sin(a''_2 z + b_2 t)) = 2D\sin\frac{1}{2}(a'_2 - a''_2)\,d\cos\left(\frac{1}{2}(a'_2 + a''_2)\,d + b_2 t\right),$$

hvaraf just framgår uttrycket (65) för den ifrågavarande vinkeln. Vi få emellertid detta uttryck positivt, när $\varkappa$ är negativt. Då kommer, i den magnetiska kraftens riktning sedt, vridningen af polarisationsplanet att försiggå från venster åt höger. För ljusrörelsen ha vi naturligtvis efter dess utträde ur A formlerna:

$$u = 2D\cos\frac{1}{2}(a'_2 - a''_2)\,d\,.\,\cos b_2\left(t - \frac{z-d}{A} + \frac{\sqrt{K\mu}}{A}d\right),$$

$$v = 2D\sin\frac{1}{2}(a'_2 - a''_2)\,d\,.\,\cos b_2\left(t - \frac{z-d}{A} + \frac{\sqrt{K\mu}}{A}d\right),$$

med A i samma betydelse som förut af fortplantningshastighet för ljuset i det kroppen omgifvande mediet.

27. Om L och L' äro två kroppar, som båda ha karakter af dielektrika, och af dem L har form af en cylinder och L' af ett hölje däromkring, dock med sitt öfre basstycke täckt af en utviken kant af L, och i deras gemensamma axelriktning ljus skickas utifrån till L, och detta ljus är rätlinigt polariseradt, och vidare L är, i likhet med i föregående artiklar betraktade A-system, likformigt magnetiskt i axelns riktning, och L' är äfvenledes likformigt magnetiskt, men i motsatt riktning mot L, och i öfrigt lika konstitueradt som L, så finna vi för det första de två cirkulärt polariserade ljusrörelserna (63) och (64) i L, och häraf kommer sedan induceradt ljus i L'. Hvad detta senare beträffar, bör jag måhända först anmärka, att en periodisk elektrisk ström i L, sådan som (63) eller (64), uppväcker en lika riktad ström i L', när L' är ett dielektriskt hölje omkring L, då däremot en ström uppväckes i motsatt riktning, när L' är en fullkomlig ledare. Enligt ekvv. (48)—(52). Men vi ha antagit, att L' är ett dielektriskt hölje omkring L, och nu antaga vi vidare, att L' ej träffas direkt af ljus från samma ljuskälla, som sände det antagna ljuset till L. Alltså måste i förevarande fall strömmen (63), medan den med hastigheten $-\frac{b_2}{a'_2}$ fortplantar sig längs axeln för L, framkalla i L' en hel serie strömmar, nämligen i hvart och ett af sina lägen framkalla strömmar med samma

riktning för sin cirkulation som gäller för (63), men fortplantande sig hvar särskild med hastigheten $\mp\frac{b_2}{a''_2}$. Vi erhålla därmed af (63) dels strömmar i L', som fortplanta sig med hastigheten $-\frac{b_2}{a'_2}$ längs den för L och L' gemensamma axeln, och dels sådana strömmar, som fortplanta sig i samma riktning i L' med hastigheten $-\frac{b_2}{a''_2}$, alla kretsande i samma riktning, nämligen i samma riktning som strömmen (63). Af de samtidigt med (63) förhandenvarande strömmarne (64) i L induceras i L' strömmar, likriktade med (64) och alltså kretsande motsatt mot de förra, som härrörde från (63), men med samma fortplantningsriktningar och fortplantningshastigheter som dessa och därmed neutraliserande dem. *Därför skola vi nu icke finna i L' några kretsformiga ljusrörelser fortgående i samma riktning som de förutnämnda i L.* Därför, äfven om L' täcker L nedantill genom en utviken kant, kan L' icke neutralisera eller återställa den vridning af ljusets polarisationsplan, som ljusrörelsen i L vid sitt utträde därifrån (enligt slutet af förra artikeln) skall förete.

28. Antag nu, att en kropp föreligger, som är så sammansatt som en af de i början betraktade lösningarne, d. v. s. består af två molekulsystem A och B, båda bildade af molekuler af samma slag och orienterade, visserligen lika i samma system, men motsatt mot hvarandra i båda systemen, och antag vidare, att A-systemet erhållit en förskjutning gentemot B-systemet parallellt med molekulaxlarne, så skall kroppen i det fall, att den har fast form, blifva af samma beskaffenhet som kvartsen är enligt den i art. 21 gifna förklaringen. Och alltefter som A:s molekuler (ab) ha sina elektriska strömmar kretsande åt höger, från a sedt, eller åt venster, — och B-molekulerna förhålla sig i hvarje fall på precis samma sätt, ha endast ab-riktningen motsatt mot A-molekulernas, — så är kvartsen af det högereller venstervridande slaget, hvilket skall framgå omedelbart af det följande. (Obs., $\varkappa$ antages här vara negativt för dessa genomskinliga kroppar).

I den antagna kroppen äro A och B förenade likt två gallerverk, som oändligt tätt ingripa i hvarandra. Om rätlinigt polariseradt ljus (62) (med $b_1 = 0$) infaller på kroppen i riktningen för A:s molekulers axlar, och alltså parallellt med förskjutningen mellan A och B, samt A:s förskjutning är riktad mot ljuskällan, så kommer A att skydda B för direkt inverkan af ljuset (62). Det inre af A och B är mest likt en samling af upptill hvarandra ställda och med hvarandra blandade stafvar, och då framgår af föregående artikel, att den i A af (62) uppväckta ljusrörelsen icke föranleder något ljus af motsvarande styrka i så mycket af B, som finnes tillsammans med A, utan endast i den oändligt lilla del af B, som skjuter ut nedanför A. Då kroppen (A, B) har fast form, så måste, när den helt omkastas, A och B växla både ställning och karakter gentemot ljuskällan, så att därför den ljusrörelse, som (62) uppväcker i kroppen, blir i alla afseenden densamma som

förut. Polarisationsplanet vrides på samma vis åt samma håll i båda ställningarne af kroppen.

I fall i kroppens första ställning strömmarne för *A*:s och *B*:s molekuler skulle kretsat i motsatt riktning mot förut, så skulle äfven ljusets polarisationsplan vridits åt motsatt håll mot förut. (Ty *C* hade då ändrat tecken (art. 26)).

Jag behöfver nu blott hänvisa till artt. 19—21 för att förklara, hvarför jag anser vissa kroppars egenskap att vrida polarisationsplanet för ljuset vara grundad å ena sidan på dessa kroppars sammansättning af två molekulsystem, likt hvad allmänt gäller för lösningen af sammansatta kroppar, och grundad å andra sidan på en förskjutning af molekulsystemen gentemot hvarandra, denna förskjutning antingen konstant, såsom då kroppen är fast och kristallinisk, eller också förorsakad tillfälligtvis af ljuskällan. På förskjutningar af detta senare slag skulle t. ex. sockerlösningars såväl som många andra lösningars förmåga att vrida polarisationsplanet för ljuset bero.

Innehåll.

Résumé du mémoire précédent sur les caractères magnétique et optique des dissolutions.

Dans le memoire qui précède on trouve des développements qui serviront à compléter les considérations sur l'état des dissolutions des corps que j'ai publiées dans mes mémoires antérieurs sur ce sujet dans les trois tomes précédents de ce journal. On y trouve tous les fondements des théories dont je vais parler ici.

I.

1. Soit K un corps solide composé de couples de molécules (ab) et (ba), placées l'une à côté de l'autre mais opposées en ce qui regarde les directions de leurs axes du pôle a au pôle b. S'il est dissout dans un liquide R, il remplira l'espace de ce liquide *et* par des couples de molécules (ab, ba), *et* par des molécules libres de deux genres, ab et ba, celles de l'un des genres toujours dirigées contrairement à celles de l'autre, *et* enfin par des ions séparés a et b. Les couples de molécules (ab, ba) forment un grillage, et de même le font les molécules libres de chacun des deux genres ab et ba. Et les trois grillages ainsi formés sont presque partout impliqués les uns dans les autres de telle façon, qu'en remplaçant dans le calcul chaque grillage par un corps de simple connexion, on en aurait à regarder chacun comme remplissant seul tout l'espace R. Cela arrivera aussi pour les ions séparés a et b. Nous considérerons d'abord ces derniers grillages et nous en parlerons comme de systèmes de a et de b. On pourrait regarder l'énergie de chacun de ces ions comme d'une part électromagnétique et d'autre part électrostatique, et pour cette derniere énergie on aurait la valeur $\bar{k}_m T$, en désignant par T la température absolue et par $\bar{k}_m$ la constante 2 gr. cal. pr gr. mol. Cela entraîne la conception des systèmes des a et des b comme constituant deux conducteurs électriques en contact l'un avec l'autre, ayant la somme de leurs potentiels électriques dans le système des a constamment égale à $\frac{2\bar{k}_m T}{e}$ et dans celui des b constante aussi mais égale à $-\frac{2\bar{k}_m T}{e}$. L'énergie potentielle électrique d'un ion a comme d'un ion b recevra ainsi, comme nous l'avons dit plus haut, la même valeur $\bar{k}_m T$.

Pour les deux grillages formés des molécules *ab* et *ba* des deux genres, nous trouvons des lois semblables. Remarquons seulement que les courants électriques qui entourent les molécules, jouent ici le même rôle, que nous avons vu faire auparavant, pour les ions, leurs charges électriques, et nous entendons que des potentiels magnétiques remplacent ici les potentiels électrostatiques des ions. L'énergie potentielle magnétique d'une molécule *ab* ou celle d'une *ba* reçoit aussi la valeur $\overline{k_m}T$, c'est à dire la même valeur que l'énergie potentielle électrique d'un ion *a* ou celle d'un *b*. En exprimant le moment magnétique d'une molécule *ab* par iv et le coefficient d'aimantation de la dissolution dans R par λ, on aura l'énergie potentielle magnétique de la molécule égale à $\frac{1}{2}\frac{i^2v}{\lambda}$.

Quand une molécule se divise en des ions, son courant électrique se change en des couches magnétiques des mêmes ions, et c'est de cela que dépendent les énergies électromagnétiques de ceux-ci.

2. Soient R et R' deux liquides, mis en contact, et soit une dissolution du corps K répartie entre eux. Là nous avons aussi à distinguer entre des grillages des ions *a* et *b* et des grillages des molécules *ab* et *ba*, et enfin d'un grillage des couples de molécules (*ab*, *ba*). Quant aux grillages des ions *a* et *b*, il s'en trouve quatre en tout, à savoir deux dans R et deux dans R'. Cependant, l'énergie d'un ion n'est pas si simplement composée d'énergies magnétique et électrique ici, que dans le cas précédent où R' manque. Car ni dans R ni dans R' autant d'ions des deux sortes ne se trouvent, et pour cela il y reste encore pour chaque ion une autre énergie, d'une part calorique et d'autre part cinétique. En outre, c'est dans le surplus des ions de l'une des sortes dans R et de l'autre dans R' qu'aura son origine la différence électrique entre les dissolutions de K dans R et R'. Dans l'ensemble de R et R', le nombre de tous les *a* sera évidemment le même que le nombre de tous les *b*.

Mais on ne saurait calculer la valeur de la différence électrique entre les dissolutions en R et en R' sans connaître le rapport des pressions osmotiques excercées par les molécules de K en repos dans R et R', ou, ce qui revient au même, le rapport des concentrations des dissolutions de K dans R et R'. Ce rapport étant connu, ainsi que le rapport des vitesses de translation de *a* et de *b*, on trouvera d'abord la différence électrique en question, ensuite les charges électriques de R et de R' et enfin la distribution sur ces régions aussi bien des ions *a* et *b* que des molécules simples *ab* et *ba*. Je reproduirai ici d'après les articles 15—17 du mémoire précédent les formules qui s'y rapportent. En désignant par m et m_1 les nombres des molécules composées de couples (*ab*, *ba*) en repos dans R et R'; par m' et m'_1 les nombres des molécules libres *ab*; par m'', m''_1 les nombres des molécules libres *ba*; par n', n'_1 les nombres des *a*-ions libres et par n'', n''_1 les nombres des *b*-ions libres dans les mêmes liquides R et R' respectivement, dont les volumes soient V et V', et enfin par σ, σ' les limites de pression correspondant à la tem-

pérature donnée T, des molécules composées (ab, ba) et des molécules simples ab ou ba respectivement, nous aurons

$$m\sigma V' = m'' m_1' \overline{k_m} T \text{ ou } m\sigma V' = m' m_1'' \overline{k_m} T,$$
$$m_1 \sigma V = m_1'' m' \overline{k_m} T \text{ ou } m_1 \sigma V = m_1' m'' \overline{k_m} T,$$
$$m' \sigma' V' = n' n_1'' \overline{k_m} T,$$
$$m'' \sigma' V = n_1' n'' \overline{k_m} T,$$
$$m_1' V = m'' V', \ m_1'' V = m' V',$$
$$n' + n_1' = n'' + n_1'',$$
$$m + m_1 + \frac{1}{2}(m' + m_1' + m'' + m_1'') + \frac{1}{4}(n' + n_1' + n'' + n_1'') = \mu,$$

$\mu =$ le nombre des molécules dissoutes de K. Ce nombre connu, ainsi que le rapport $\frac{m}{V'} : \frac{m_1}{V'}$ des concentrations des dissolutions de K en R et en R', on calculera, comme nous venons de dire, la charge électrique de R, qui sera égale à $(n' - n'')e$. Voilà les formules dont nous aurions besoin pour obtenir les valeurs de m, m_1, m', m'', m_1', m_1'', n', n'', n_1', n_1''. ($\overline{k_m} = 2$ gr. cal. pr gr. mol.).

3. Quant à l'énergie magnétique d'une molécule libre (ab), il faut surtout remarquer ce qui suit. Le moment magnétique d'une molécule, exprimé par iv, garde sa valeur tant que la température ne change pas. On aurait du reste $iv = Jv\sqrt{2\pi\rho_0}$, en désignant le moment calorique de la molécule par Jv. Dans la notation du n:o précédent et dans le cas y traité on mettrait le moment magnétique de l'unité de volume de R égal à $iv\frac{m' - m''}{V}$, disons-nous égal à i', et on trouverait pour le moment magnétique de l'unité de volume de R' numériquement la même valeur, mais les axes magnétiques des deux dissolutions ont des directions contraires. Si nous désignons le potentiel magnétique de l'ensemble de R et de R' par U, nous obtiendrons l'énergie potentielle magnétique d'une molécule ab en R sous la forme $iv\frac{dU}{di}$, et ainsi égale à $-iv\frac{i'}{\lambda}$ ou $-\frac{(iv)^2}{\lambda}\frac{m' - m''}{V}$, ce qui est la même énergie qu'autrefois j'avais désignée dans mon mémoire sur la dissolution des corps par $/^R jS$. Ici le coefficient d'aimantation de la dissolution de K en R est représenté par λ. Pour une molécule ba en R l'énergie correspondante était $-/^R jS$. Le rapport entre $/^R jS$ et $/^{R'} jS$ serait conséquemment égal à $\frac{\lambda'}{\lambda}$, λ' étant le coefficient d'aimantation de la dissolution de K en R'.

II.

Dans mon mémoire sur l'affinité des pressions osmotique et électrique dans »Lunds univ. Årsskrift N. F., Afd. 2, B. 1, N. 1» je m'étais occupé de la théorie des élements galvaniques de concentration, et pour leurs différences électriques

j'avais déduit une formule que j'avais citée comme découverte par M. Nernst. Mais je m'étais mépris sur les signes de ces différences. Cela entraîne avec nécessité une correction dans l'hypothèse que j'avais proposée au sujet des oscillations des ions a et b qui à cause de leurs distributions sur les deux dissolutions de concentrations différentes de K, constituant l'élement galvanique en question, donnent naissance à la différence électrique de cet élement. J'avais supposé, que les vitesses d'oscillation $\Delta h'$, $\Delta h''$ de ces ions obéissent aux lois:

$$\Delta h' = -4\pi\varkappa h' \sin nt, \quad \Delta h'' = +4\pi\varkappa h'' \sin nt,$$

en exprimant par h' et h'' les vitesses de translation des mêmes ions a et b respectivement, et par $2\pi:n$ la période des pulsations harmoniques communes pour eux comme pour la molécule ab, mais dépendant d'ailleurs et de la température et de la pression. Mais si le caractère galvanique de la couple des deux dissolutions de K en R et en R' *ne résulte que de l'inégalité de leurs concentrations* et d'aucune manière d'un transport de chaleur extérieure, nous devons plutôt avoir:

$$\Delta h' = -4\pi\varkappa h'' \sin nt, \quad \Delta h'' = +4\pi\varkappa h' \sin nt,$$

et alors nous obtiendrons la formule de M. Nernst avec le vrai signe que lui a donné son auteur. En outre, nous trouvons la même valeur pour $\varkappa$ en R et en R'. Voir p. 19 du mémoire.

Ensuite ce même principe, que *l'électricité de contact de deux corps ne provient que de l'inégalité des pressions osmotiques des corps et de leur constitution chimique*, a été appliqué à d'autres cas assez généraux, en particulier à l'élement galvanique de Daniell, et en conséquence de ces développements nous avons remarqué, que la loi de Volta, énoncée pour des conducteurs électriques du premier ordre, présuppose l'existence de couches de liquides, si minces qu'elles soient, séparant ces corps. Voir le § 2 du mémoire.

III.

Après les développements faits dans le § 4 du mémoire, le pouvoir de quelques corps transparents de tourner le plan de polarisation de la lumière passante, dépendra de ce qu'ils contiennent deux séries de molécules ab et ba, de même façon que nous avons dit des dissolutions de K au commencement de ce résumé, mais ici il faut qu'une des deux séries de molécules soit déplacée un peu relativement à l'autre. À cause de sa petitesse tel déplacement ne donnera lieu à aucune action magnétique dans l'espace extérieur, mais chaque ébranlement magnétique dans cet espace arrivant à un des corps, se propage par lui et s'y transforme à peu près comme si la série des molécules qui se trouve la plus rapprochée à l'origine de l'ébranlement magnétique, en serait influée à elle seule. La lumière consiste en des oscillations ou des tourbillons magnétiques, et *pour cela chacun des corps en question aura sur la lumière un effet, comme s'il eût été magnétisé dans la direction*

des axes de ses molécules ab ou ba. Ce magnétisme découle des courants électriques qui entourent les molécules de la série la plus rapprochée à la source de la lumière. D'où on tire des conséquences au moyen des formules célèbres de MAXWELL concernant les courants électriques. Ces formules, on les trouve dans l'article 23 du mémoire un peu complétées par les équations:

$$\frac{dx}{dt} = \varkappa u\,, \quad \frac{dy}{dt} = \varkappa v\,, \quad \frac{dz}{dt} = \varkappa w\,, \tag{1}$$

qui expriment, que les particules d'un corps traversé par un courant électrique, se meuvent au long du courant, si $\varkappa$ est positif, mais contre lui, si $\varkappa$ est négatif, un fait dont j'ai parlé aussi au § 6 de mon mémoire sur l'affinité des pressions osmotique et électrique. Voici les formules obtenues sur ce sujet:

$$\left\{\begin{aligned} \Delta^2 u &= \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial u}{\partial t} + \varkappa\Delta^2(cv - bw) - \varkappa\frac{\partial\Omega}{\partial x}\right),\\ \Delta^2 v &= \left(\qquad\qquad\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial v}{\partial t} + \varkappa\Delta^2(aw - cu) - \varkappa\frac{\partial\Omega}{\partial y}\right),\\ \Delta^2 w &= \left(\qquad\qquad\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial w}{\partial t} + \varkappa\Delta^2(bu - av) - \varkappa\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right), \end{aligned}\right. \tag{2}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \tag{3}$$

$$\Omega = \frac{\partial}{\partial x}(cv - bw) + \frac{\partial}{\partial y}(aw - cu) + \frac{\partial}{\partial z}(bu - av), \tag{4}$$

où les axes des x, y et z sont orientés de telle manière, qu'en se plaçant auprès de l'axe des x positifs, on verra la rotation de 90° de y positif à z positif dirigée de droite à gauche, et de même les rotations de z à x et de x à y, vues des axes des y et des z positifs, se présenteront dirigées de droite à gauche. Les autres lettres des formules auront les sens suivants: u, v, w seront composantes au point (x, y, z) du courant total rapporté à l'unité de la section transversale; a, b, c composantes de l'induction magnétique au même point, k coefficient de conductibilité électrique, μ celui d'aimantation, K constante diélectrique et enfin A vitesse de propagation de la lumière dans l'air. Quant à la constante $\varkappa$, introduite par les équations (1), nous l'aurons positive pour des conducteurs et négative pour des diélectriques.

Dans le cas qui nous occupe, nous pouvons mettre $a = 0$, $b = 0$, c constant, et alors les équations ci-dessus prennent des formes encore plus simples, savoir les formes suivantes:

$$\left\{\begin{aligned} \Delta^2 u &= \left(k + \frac{K}{4\pi A^2}\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial u}{\partial t} + \varkappa c\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y}\right)\right),\\ \Delta^2 v &= \left(\qquad\qquad\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial v}{\partial t} + \varkappa c\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z}\right)\right),\\ \Delta^2 w &= \left(\qquad\qquad\right)\left(4\pi\mu\frac{\partial w}{\partial t} + \varkappa c\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}\right)\right), \end{aligned}\right. \tag{5}$$

(6) $$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0.$$

Considérons un diélectrique transparent pour lequel $k=0$ et dont toutes les molécules (ab) ont leurs axes ab dirigés dans le même sens que l'axe des z positifs, et supposons qu'il soit exposé à de la lumière polarisée dans l'air parallèlement à l'axe des x et se propageant parallèlement à l'axe des z positifs, — ce soit à la place $z=0$ la lumière:

(7) $$u=\alpha\cos nt,\quad v=0,\quad w=0;$$

cette lumière en traversant le corps va se diviser en deux mouvements circulaires qui s'y propagent avec des vitesses différentes. Ces mouvements sont donnés par les équations suivantes, déduites comme des conséquences nécessaires de (5), (6) et (7):

(8) $$u=\frac{1}{2}\alpha\cos(a'_s z+nt),\quad v=\frac{1}{2}\alpha\sin(a'_s z+nt),\quad w=0,$$

et

(9) $$u=\frac{1}{2}\alpha\cos(a''_s z+nt),\quad v=-\frac{1}{2}\alpha\sin(a''_s z+nt),\quad w=0,$$

où

$$a'_s=\frac{\sqrt{K\mu}}{A}n\left(1+\frac{1}{2}\frac{K\varkappa c}{4\pi A^2}n\right),$$
$$a''_s=\frac{\sqrt{K\mu}}{A}n\left(1-\frac{1}{2}\frac{K\varkappa c}{4\pi A^2}n\right).$$

Nous en concluons tout de suite, comment la lumière (7) se présentera après sa sortie du corps. Si ce corps était cylindrique et de la longueur d, on trouverait pour la lumière sortante les équations:

$$u=\alpha\cos\frac{1}{2}\frac{K\varkappa c}{4\pi A^3}\sqrt{K\mu}\,n^2d\cos n\left(t-\frac{z-d}{A}+\frac{\sqrt{K\mu}}{A}d\right),$$
$$v=\alpha\sin\frac{1}{2}\frac{K\varkappa c}{4\pi A^3}\sqrt{K\mu}\,n^2d\cos n\left(t-\frac{z-d}{A}+\frac{\sqrt{K\mu}}{A}d\right),$$
$$w=0,$$

et cela nous montre, que cette lumière est polarisée rectiligne, mais dans une direction inclinée à celle de polarisation de la lumière incidente (7) d'un angle

$$\frac{1}{2}\frac{K\varkappa c}{4\pi A^3}\sqrt{K\mu}\,n^2d.$$

C'est ce qui est en plein accord avec la découverte de Faraday sur l'effet des aimants au plan de polarisation de la lumière. Et après ce que nous venons d'expliquer, on en conclut enfin, que les dissolutions et d'autres corps également constitués font tourner le plan de polarisation de la lumière, pourvu que leurs deux séries de molécules aient leurs axes parallèles aux rayons de la lumière, et que

d'ailleurs une des dites séries de molécules soit dans cette même direction déplacée relativement à l'autre. Pour des dissolutions, la lumière elle-même pourrait causer de tel déplacement, pour des corps cristallisés ce déplacement pourrait être produit par la force magnétique de la terre, ou plutôt par sa force thermique y jointe. (Voir Electr. u. magn. Theorien, p. 49, Lunds univ. Årsskrift B. 34, Afd. 2).



(Tryckningen afslutad den 17 december 1907).

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 3. Nr 5.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 18. Nr 5.

OBSERVATIONS

ON

THE GENUS RASTRITES AND SOME ALLIED SPECIES OF MONOGRAPTUS

BY

SV. LEONH. TÖRNQUIST



LUND 1907
PRINTED BY HÅKAN OHLSSON

INTRODUCTION.

In his classical work »Les Graptolites de Bohême», published in the year 1850, BARRANDE divided the Silurian graptolites of Bohemia into three genera, viz. *Gladiolites* or *Retiolites*, *Graptolithus* and *Rastrites*. The last genus was established to embrace such uniserial graptolites as were characterized by isolated, cylindrical thecæ; whereas both uniserial and biserial forms were included in the genus *Graptolithus* if their thecæ were in contact with each other. The single-rowed species were referred to the sub-genus *Monoprion*, the double-rowed, to the sub-genus *Diprion*. Already in the following year SUESS restricted the genus *Graptolithus* so as to comprise only uniserial species, but, at the same time, he withdrew BARRANDE's genus *Rastrites*, regarding the species referred to it as constituting merely a sub-group of *Graptolithus* [1]). In 1852 GEINITZ proposed to substitute the name *Monograpsus*, in later times altered to *Monograptus*, for that of *Graptolithus*; and, as regards the genus *Rastrites*, he adopted the views advanced by SUESS. As an argument for this conception he adduced the existence of such a form as *Monograptus triangulatus* HARKN., which, according to his interpretation, was proximally a *Rastrites*, and distally a true *Monograptus* [2]). SUESS looked upon BARRANDE's genus *Rastrites* as representing a poorly developed group of *Monograptus*, GEINITZ regarded it as a degenerated group of the same [3]). RICHTER has in several papers accepted the nomenclature insisted on by these authors [4]). Still as late as 1890 GEINITZ maintains his earlier opinion [3]), but the majority of later authors who have written on graptolites, are at one in admitting the validity of the genus *Rastrites*.

The close resemblance that exists between the two genera now under consideration is, no doubt, undeniable, and especially do some helicoid *Monograpti* in their proximal parts show a puzzling approximation to the earlier forms of *Rastri-*

[1]) E. SUESS, Über Böhmische Graptolithen, Wien; p. 6, 23.

[2]) H. B. GEINITZ, Die Versteinerungen der Grauwackeformation in Sachsen und den angrenzenden Länder-Abtheilungen; Heft. 1. Die Graptolithen, Leipzig 1852; p. 19, 47.

[3]) E. SUESS, loc. cit. p. 5. — H. B. GEINITZ, Die Graptolithen des K. Mineralogischen Museums in Dresden; Mittheilungen aus dem Koeniglichen Mineralogisch-Geologischen und Præhistorischen Museums in Dresden, Neuntes Heft, Cassel 1890; p. 31.

[4]) R. RICHTER, Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd V, 1853; Bd XXIII, 1871; Bd XXVII, 1875.

tes; but, on the other hand, it is just as certain that it would be an unnatural arrangement to unite such species as *Rastrites Linnæi* Barr. or *Rastrites maximus* Carr. with the typical *Monograpti*. And everyone who has made the graptolites the subjects of closer studies must concur in Lapworth's reasoning that, if the genus *Rastrites* is to be suppressed because of the existence of the dubiously transitional species *Monograptus triangulatus*, »the great majority of admitted genera must also be abolished on similar ground» [1]).

Essentially in accordance with Barrande's diagnosis, the genus *Rastrites* may be characterized in the following terms: Rhabdosome uniserial, unbranching; common canal unusually narrow throughout, giving off isolated tubular thecæ along its whole extent.

The delicacy of the common canal is a feature which should never be disregarded, and whenever we find proximal graptolitic fragments showing isolated thecæ, there may, nevertheless, be reason to suspect that we have before us a *Monograptus*, if the common canal is as wide as the thecæ, or wider.

Wiman in his valuable memoir »Ueber die Graptoliten» declares himself constrained to regard the true *Rastrites* theca as being represented by that part which has previously been called a theca together with the internode next below [2]). This determination is quite consistant with his general conception of the thecæ of the other Graptoloidea. Having in another paper [3]) set forth my position with respect to this question, I shall, in this place, only remark, that a theca, as defined by Wiman, coincides with that peridermal unit for which I have proposed the term »thecal segment» [4]).

The characters by which the species of *Rastrites* may be distinguished are afforded by (1) the general shape of the rhabdosome, (2) the form, size, and direction of the mature thecæ, (3) the length of the intervals between them i. e. of the internodes, (4) the development of these elements in the initial region of the rhabdosome.

The defining of the species by means of these distinctions, however, is at times beset with considerable difficulties. Although the examples of some species are often better preserved than might be expected from the tenuity of the internodes, it results from their fragility that, in many instances, only short broken pieces are to be had, which permit no reliable conclusion concerning the original form of the perfect fossil. Further, if we remember that the rhabdosomes of some species assume their normal appearance at an early stage of growth, while in other

---

[1]) C. Lapworth, On Scottish Monograptidæ; Geol. Mag. Decade II, Vol. III: p. 312.

[2]) C. Wiman, Über die Graptoliten; Bull. of the Geol. Instit. of Upsala, Vol. II, Part 2; Upsala 1895; p. 31.

[3]) S. L. Törnquist, On the Diplograptidæ and Heteroprionidæ of the Scanian Rastrites Beds; K. Fysiografiska Sällskapets i Lund Handlingar; Ny följd, Bd. 8. (Acta Univ. Lundensis, Tom. XXXIII); 1897; p. 4.

[4]) S. L. Törnquist, Researches into the Monograptidæ of the Scanian Rastrites Beds; the cited Transactions Bd 10 (Acta Univ. Lundensis, Tom. XXXV) 1899; p. 2.

species the thecæ and the internodes only at a great distance from the sicula attain their full size; it can easily be inferred that distal fragments of one species may be mistaken for proximal pieces of another. To this should be added that, owing to lateral pressure, even complete specimens, at many localities, have been distended in one direction and compressed in another to such a degree as to resemble species quite different from those to which they really belong. Most of these difficulties may certainly be surmounted if a sufficient number of examples from the same locality and the same horizon are obtainable, but this is far from always being the case.

This paper, therefore, should be regarded only as a preliminary essay towards unravelling the more distinguishable forms of *Rastrites* that have come under my notice. And I have thought it not inappropriate, in connection with the account of my researches into that genus, to add some observations on a few species of *Monograptus* which in their appearance approch, more or less, to the *Rastrites*.

The material upon which the following observations are founded consists for a great part in collections made by myself in different provinces of Sweden, in England, Scotland, Bohemia, and Thuringia. To Mr. ROBERT EISEL, of Gera, I am further indebted for a valuable collection of Thuringian graptolites, which he was so kind as to present to me several years ago. As this collection was intended to form an illustrative supplement to a paper published by him in 1899, and entitled »Ueber die Zonenfolge Ostthüringischer und Vogtländischer Graptolithenschiefer» [1]), I have cited this paper in the lists of synonyms given in the sequel; and in stating the zones of the Thuringian species, I have followed the zonal arrangement proposed by Mr. EISEL [1]). For the assistance offered to me by the keeper of the Geological Museum of Lund, Professor J. C. MOBERG, in using the collections of the museum, I owe him my best thanks.

---

[1]) Communicated to »39 bis 42 Jahresberichte der Gesellschaft von Freunden der Naturwissenschaften in Gera (Reuss) 1896—1899», Gera 1899. — Compare also: R. EISEL, Nachtrag zum Fundortsverzeichnisse wie zur Zonenfolge thüringisch-vogtländischer Graptolithen; the cited Transactions 1900—1902; Gera 1903. — The zones referred to in the sequel are (in ascending order):

Zone 12 a, *Zone of Monograptus triangulatus*
» 12 b, » » *Rastrites peregrinus*
» 13, » » *Diplograptus (Cephalograptus) cometa*
» 14, » » *Rastrites Linnæi*
» 15, » » *Monograptus exiguus*

DESCRIPTIONS.

Genus **Rastrites** Barrande.

Rastrites peregrinus Barrande.

Pl. 1, figs. 1—22.

1850 *Rastrites peregrinus* Barrande, Graptolites de Bohême, p. 67, Pl. 4, fig. 6.
1892 » » Törnquist, Undersökn. öfver Siljansområdets Graptoliter II; K. Fysiogr. Sällskapets Handl. Bd 3 (Acta Univ. Lund., Tom. XXVIII); p. 2, Tafl. 1, fig. 1.
1899 » » Perner, Études sur les Graptolites de Bohême, III[ième] Partie, Section a; p. 8, fig. 6, Pl. 13, figs. 33, 34.

From an initial portion recurved so as to present the shape of a small fish-hook, the rhabdosome proceeds in a slightly arcuate distal part, which attains a length of, at least, 30 mm., and emits thecæ from its convex margin. The sicula is in some specimens indicated by a triangular widening visible at the proximal extremity of the rhabdosome. It seems to have reached as far as a little above the inner orifice of the first theca. The three or four thecæ first developed are directed a little upward, and are sometimes followed by two or three others standing normal to the common canal; all the succeeding ones are perceptibly reclined, forming with the internodes next below angles of 60° to 70°, or, near the distal end, of 80° to 85°. They number from 8 to 10 in the space of 10 mm., the intervals between them being in the majority of specimens precisely 1 mm. The length of the thecæ augments from 1 mm. near the sicula to 2 mm. in the adult region. In compressed condition they have an average diameter of .3 mm., and are sometimes slightly dilated toward their extremities, which are rounded or truncated, but never reflexed as in the following variety. The width of the common canal varies between .15 and .2 mm. according to the amount of compression.

A comparison between the specimens from Bohemia delineated in figs. 1—8, and those from different parts of Sweden and Great Britain drawn in figs 9—20, will evince the constancy of the characters given in the above description and may, at the same time, give sufficient reason for separating from *Rastrites peregrinus* Barr. several forms, from time to time, recorded and figured under that name. In confining the species I have followed Perner altogether.

This author is, however, I think, hardly right in rejecting my identification of a graptolite from Dalarne with *Rastrites peregrinus* (loc. cit. suprâ). In support of his opinion he puts forward the assertion that the internodes of the Dalecarlian form have a length of 1.5 mm. In fact, the topmost internode seen on Pl. I, fig. 1 of my paper cited has that length, probably owing to a misdrawing, but all the remaining ones are shorter; moreover, in the diagnosis of the species I have expressly stated the number of thecæ in 10 mm. to be from 8 to 10, the last num-

ber being just that stated by PERNER himself as characteristic of the species. The insignificant variation in this respect observed in specimens from Dalarne seems to me to be of no specific value, though it is a fact that examples from this province have more frequently 8 thecæ than 10 in the space of 10 mm. As the original of the figure in question has been partly obliterated, another specimen, in all essentials agreeing with the same, is represented in fig. 14.

In a subsequent memoir »Researches into the Monograptidæ of the Scanian Rastrites Beds», I have again under the name af *Rastrites peregrinus* recorded a graptolite found in the zone of *Cephalograptus cometa* at Tomarp (p. 25, Pl. IV, fig. 29). Although the fragment delineated agrees fairly well with PERNER's description and figures, it is too imperfect for an exact identification, and, considering its geological horizon, I now regard my earlier determination as less probable.

The specimens from Skellgill illustrated in figs. 19 and 20 are much deformed by lateral pressure, but I believe, nevertheless, their determination to be reliable.

Localities. The above description is based on specimens from the following localities: **Sweden**: Kongslena (Västergötland), Råsnäset near Motala (Östergötland), Kallholn (Dalarne), Tomarp and Nyhamn (Skåne); **Bohemia**: »Colonie Haidinger»; **England**: Skellgill (Westmoreland); **Scotland**: Dobb's Linn and Garpel Glen (Moffat). I have not seen the typical form from any Thuringian locality, though its existence in this region also is very probable.

Horizon. In **Sweden** the species seems to be restricted to the *zone of Monograptus triangulatus;* in **Scotland** it occurs in the *zone of Monograptus gregarius;* at Skellgill it is associated with *Monograptus argenteus* &c.

Note. The three forms next to be described may, for the present, be treated as varieties or mutations of *Rastrites peregrinus,* though it is most probable that some one or other of them, when better known, will prove to be separate species.

Rastrites peregrinus BARRANDE var. hybridus LAPWORTH.

Pl. I, figs. 23, 24.

1876 *Rastrites peregrinus* BARRANDE, var. *hybridus* LAPWORTH, On Scottish Monograptidæ; Geol. Mag. Dec. II, Vol. III; p. 313, Pl. X, fig. 5.

1876 » *hybridus* LAPWORTH, Catalogue of the Western Scottish Fossils, Pl. I, fig. 4.

1877 » *peregrinus* BARRANDE, var. *hybridus* LAPWORTH, On the Graptolites of County Down; Proc. Belfast Natur. Field Club, Appendix, 1876—77; p. 127, Pl. V, fig. 2.

1892 » *hybridus* TÖRNQUIST, Undersökn. öfver Siljansomr. Graptol. II; K. Fysiogr. Sällsk. Handl. Bd. 3 (Acta Univ. Lundensis. Vol. XXVIII); p 4, Tafl. 1, fig. 2.

1897 » » FRECH, Lethæa Geognostica, I, p. 666, fig. 219: 4.

1901 » » HOLM, Kinnekulle, p. 61, fig. 55.

To this variety (or species) I have, long ago, referred a graptolite from Dalarne, of which I possess one single, but distinct impression. It has a length of 15 mm., but seems to be broken off near the distal end. With the exception of the proximal part, which is bent backward, the rhabdosome is straight, bearing 7 thecæ in the space of 10 mm. These attain a length of from 1.4 mm. to 1.8 mm.; when fully developed they are perceptibly reclined, and terminate in markedly reflexed apices. In the curved region the internodes as well as the thecæ are shorter.

While this form agrees with the typical species in having reclined thecæ, it distinguishes from it by (1) longer internodes, (2) reflexed thecal apices, and (3) a rectilinear mature division of the rhabdosome.

Locality and horizon. **Sweden**: the example described is seen on a detached slab found at Enån (Dalarne), and certainly derived from the *zone of Cephalograptus cometa.*

Rastrites peregrinus Barrande, var. pecten v. n.

Pl. 1, figs. 25, 26.

The description of this variety has been drawn up from some fragments all visible on the same slab. One of them representing the proximal part is recurved, and bears eight thecæ, all of which are directed outward and somewhat upward, the eighth making with the internode next in advance an angle of 75°. The thecæ of this fragment augment in length from 1 mm. to 1.5 mm.; and the internodes, from .7 mm. to .8 mm. The fully developed rhabdosome is straight, but, on account of the fragmentary condition of my specimens, its extent cannot be made out even approximately. In this portion the thecæ number 10 or 11 in 10 mm., and stand either normal to the stem, or deviate but little from this direction. They have a length of from 2 mm. to 2.2 mm., and widen slowly towards their rounded extremities, showing an average diameter of .2 or .3 mm.

From the type species this variety is distinguished by (1) the straight distal portion of the rhabdosome, (2) the upward direction of at least eight thecæ in the sicular region, (3) the right or nearly right angles formed by the mature thecæ with the common canal.

Locality and horizon. **Scotland**: The specimens referred to were found by me at Dobb's Linn in 1878. They were associated with specimens of *Monograptus fimbriatus* Nich., whence their geological horizon can be appointed to the *zone of Monograptus gregarius.*

Rastrites peregrinus Barande, var. socialis n. v.

Pl. 1, figs. 27—31.

Though numerous broken pieces of this graptolite are lying before me, none of them exhibits the initial part, wherefore the general shape of the rhabdosome is

unknown. The majority of fragments are more or less arcuate; some few being, however, straight or even irregularly flexuous. The thecæ number 10 in 10 mm., are, as a rule, 1 mm. long, and, as far as I have noticed, never exceed 1.5 mm. in length. As to their direction, the angle which they form with the stem oscillates between 60° and 90°, an amount of variation which seems to be due to occasional causes acting at the embedding of the fossils.

The chief distinctive character of the variety is the shortness of the thecæ, which I have found constant in all fragments. In spite of the deficiency of the characters given, the form is at a glance distinguished from all its congeners.

Locality and horizon. **Thuringia**: Fragments of this form occur in abundance at Böhmsdorf in the *zone of Cephalograptus cometa* (zone 13), being sometimes crowded on the surfaces of the shale in the same manner as the specimens of ***Monograptus gregarius*** Lapw. are at some Scottish and Swedish localities. For this reason I have departed from my general principle not to denominate new forms on so unsatisfactory materials as those from which the above description has been drawn up.

Note. In his work »Études sur les Graptolites de Bohême» [1]) Perner describes two graptolites, which he considers as varieties of ***Rastrites peregrinus*** Barr., and designates by the names: A. Var. *longispinus* and B. Var. *approximatus*. In my opinion both deviate so much, not only from the typical ***Rastrites peregrinus***, but also from one another, that I do not hesitate to conceive them as separate species. With ***Rastrites peregrinus*** they agree in the fact that the thecæ and the internodes already at an early stage of the development of the rhabdosome obtain their constant appearance, but they differ from it in having a different general form and markedly longer mature thecæ. In confining the species I follow Perner's diagnoses.

Rastrites approximatus Perner.

1899 ***Rastrites peregrinus*** Barr. B. var. *approximatus* Perner, Études sur les Graptolites de Bohême, III:ième Partie, Section a, p. 9, Pl. 13, figs. 36—40, 42, 43.

After forming a full spiral revolution, or even more, the rhabdosome graduates into a moderately arcuate distal division. According to Perner the thecæ are 2.5 mm. long, while the length of the internodes varies from .6 to .8 mm. Of the type species I possess only a few imperfect Bohemian examples, but I think the following form may appropriately be referred to it as a variety.

Rastrites approximatus Perner, var. Geinitzi n. v.

Pl. I, figs. 32—41.

1852 ***Monograptus peregrinus*** Geinitz, pars, Die Graptolithen, p. 45, Taf, V, figs. 11 a, b (?11 c, 12).

---

[1]) III:ième Partie, Section a, p. 9.

1890 *Mozograptus peregrinus* Geinitz, pars, Die Graptolithen d. K. Mineralog. Museums in Dresden, p. 21, Taf. A, fig. 31.

My most perfect specimen, which has a length of 15 mm., exhibits the same general shape as the type species. As all specimens come under my notice are more or less deformed by lateral pressure, it is difficult to get an exact idea of the size, direction, and distance of the thecæ, but, by comparing a considerable number of examples, the following results can be arrived at. The thecæ number about 12 in 10 mm., are perpendicular to the stem, and have a length of 3 mm. to 4 mm., being, however, in the sicular region shorter, and a little more distant from each other. From the typical form the variety differs in having noticeably longer thecæ; and it resembles the above-cited figures given by Geinitz so much that I do not hesitate to identify it with them.

Localities and horizon. **Thuringia**: I have found this graptolite at Pausa and Thierbach, and good specimens obtained from Raitzhain and Altmannsgrün are in the collection sent to me by Mr. Eisel. It is a rather common fossil in Eisel's *zone of Rastrites peregrinus* (12 b).

Rastrites longispinus Perner.

1897 *Rastrites peregrinus* A. Var. *longispinus* Perner, Études sur les Graptolites de Bohême, III:ième Partie, Section a, p. 9, fig. 7, Pl. 13, figs. 32, 35.

The initial part forms a semi-circle, whereas the mature division is rectilinear. The thecæ have a length of 3 to 4 mm. and stand normal to the common canal. In the typical form the internodes are stated by Perner to vary in length from 1.2 mm. to 1.5 mm.; there are accordingly 7 or 8 thecæ in 10 mm. My collection contains numerous fragments from several Bohemian localities which seem to be referable to this species, but none of them are perfect enough for an exact determination.

The graptolite described and figured as *Rastrites peregrinus* Barr. in Lapworth's paper »On Scottish Monograptidæ» (p. 313, Pl. X, fig. 1), seems to represent this species or a variety of the same. It has subsequently been reproduced by the same author in »A Catalogue of the Western Scottish Fossils», Pl. 1, fig. 3, and in his paper »On the Graptolites of County Down», Pl. V, fig. 1. A similar form, likewise designated as *Rastrites peregrinus*, is figured by Frech in »Lethæa Geognostica», vol. I, p. 266, fig. 319: 3.

Rastrites rastrum Richter.

Pl. II, fig. 1—6.

1853 *Monograpsus peregrinus* (var. *rastrum*) Richter, Thüringische Graptolithen; Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Gesellsch., V Bd; p. 461, Tab. XII, fig. 31.

1899 *Rastrites rastrum* EISEL, Ueber der Zonenfolge ostthüring. und vogtl. Graptolithenschiefer, p. 6.

Before entering upon the question of the original form of the species, it seems appropriate to describe it such as it presents itself in fossil state. When most perfect, the rhabdosome commences with a sigmoid proximal portion, then continues in a moderately arcuate division, and terminates in a more sharply curved distal part (Figs. 1 and 2). The thecæ arise in every part of the rhabdosome from its convex side. As the rock in which the graptolite has been embedded is highly affected by cleavage, their length as well as that of the internodes varies considerably in different parts of one and the same specimen. Thus the thecæ number from 10 to 16 in 10 mm., but may originally have been 12 or 13 in that unit. They have a length of 2.5 to 4 mm., and widen evenly from their bases to the extremities, which are either emarginated or truncated, having an average width of .4 mm. While in perfect specimens the thecæ of the median division form acute angles with the internodes next in advance, they are in shorter fragments almost perpendicular to the common canal.

When comparing examples in different state of preservation, one can scarcely help the idea that the rhabdosome has originally formed a spiral line winding round an imaginary low cone, and emitting perpendicular thecæ just in the surface of the same. If this be the case, the pressure of a superincumbent mass of rock, combined with a subsequent lateral pressure, would bring about the very appearances shown by the fossil examined. The delineation given by RICHTER is by no means incompatible with this assumption.

The most conspicuous characters of this species are afforded by (1) the general habit of the rhabdosome, (2) the form of the thecæ, and especially of their apices.

Localities and horizon. **Thuringia**: The specimens described have been collected by Mr EISEL at Grobsdorf and Raitzhain in the zone of *Cephalograptus cometa* (13).

Rastrites phleoides TÖRNQUIST.

Pl. II, figs. 7, 8 (9, 10).

1868 cfr. *Graptolithus convolutus* CARRUTHERS, pars, Revision of the British Graptolites; Geol. Mag. Vol. V; p. 14, Pl. V, figs 1 b, 1 c.

1887 *Rastrites phleoides* TÖRNQUIST, Antecku. om de äldre paleozoiska leden i Ostthüringen och Voigtland; Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. Bd IX; p. 490, fig. 1.

In the last-cited paper this *Rastrites* was characterized nearly in the following way: The rhabdosome, so far as observed, forms a conical spiral line, the initial part being, however, unknown; the thecæ are 10 to 12 in 10 mm., and attain, including their bristles, a length of about 5 mm., making with the common canal

right or slightly oblique angles; each theca is at the concave apartural margin provided with two bristles, occupying not fully the half length of the entire theca.

In a copy of his paper »Ueber die Zonenfolge der ostthüringischen und vogtländischen Graptolithenschiefer», presented to me, Mr EISEL has added a written notice concerning *Rastrites rastrum* RICHT., stating that he has found examples of this species bearing thecæ resembling those of *Rastrites phleoides*. I have seen no such specimens, and, judging from the material in my hands, the last-named form differs from the common aspect of *Rastrites rastrum*, not only in the presence of rather long thecal bristles, but also in the fact that the rhabdosome seems to have grown out into a more elongated conical (or almost cylindrical) spire. Therefore, though these two forms have so many features in common that their close relationship appears beyond doubt, I think it, nevertheless, most advisable, for the present, to conceive *Rastrites phleoides* as a distinct species. CARRUTHERS has (loc. cit.) delineated some thecæ in all essentials similar to those of the graptolite now under consideration, which thecæ, however, he explained as belonging to the inner coil of some specimens of *Monograptus convolutus* HIS., collected in the Moffat district. As the questions raised by these drawings will be discussed later on, under the head of *Monograptus convolutus*, I confine myself, in this place, to reproducing some similar thecæ of graptolitic fragments from the same region. They are evidently much deformed by cleavage.

Localities and horizon. **Thuringia**: This graptolite was discovered by me, several years ago, at Böhmsdorf in the *zone of Cephalograptus cometa* (zone 13). **Scotland**: the fragments illustrated in figs. 9 and 10 are seen on a slab belonging to a collection sent by Professor LAPWORTH to the Geological Museum of Lund.

Rastrites distans LAPWORTH, var. **abbreviatus** LAPWORTH.

Pl. II, figs. 11—20.

1852 *Monograpsus Linnæi* GEINITZ, pars, Die Graptolithen, p. 48, Taf. V, figs. 16, (18?).

1868 *Rastrites Linnæi* CARRUTHERS, A Revision of the British Graptolites; Geol. Mag. Vol. V; p. 13, Pl. V, fig. 15.

1876 » *distans* LAPW. var. *abbreviatus* LAPWORTH, On Scottish Monograptidæ; Geol. Mag. Dec. II, Vol. III; p. 314.

1890 cfr. *Monograptus Linnæi* GEINITZ, pars, Die Graptol. d. K. Mineralog. Museums in Dresden, p. 22, Taf. A, figs 32 a, b.

1899 *Rastrites Linnæi* var. *abbreviatus* EISEL, Die Schichtenfolge d. ostthüring. und vogtl. Graptolithenschiefer, p. 6.

The proximal portion of the rhabdosome shows a short backward curvature, resembling that of *Rastrites peregrinus*, while the distal division is straight, or accidentally tortuous. Near the sicula the thecæ are short, only about .5 mm. long, and their internodes do not reach 1 mm. in length; but the thecæ as well as their

interspaces increase rather rapidly until, at a certain distance from the sicula, both attain a length of 3 mm. From this point the appearance of the rhabdosome remains constant. The thecæ form, as a rule, right angles with the stem, with the exception of the oldest ones, which often have a deviating direction.

The close relation of this form to the type species is evident. The initial part of the latter has never been described, but there is every reason for believing that it agrees with the corresponding part of the variety. In such case, the chief distinctive character of this consists in the fact that the increase of thecæ and internodes ceases at an earlier stage of the growth of the rhabdosome than in *Rastrites distans*, in which the said elements, according to LAPWORTH, attain a length of about 5 mm.

The question might be raised whether the variety might not prove to be founded upon proximal fragments of the type species, but the constant size of its constituting factors along fairly long fractions of the rhabdosome lends no support to such an interpretation.

As LAPWORTH has remarked (loc. cit.), *Rastrites distans* v. *abbreviatus* displays a superficial resemblance to *Rastrites peregrinus* v. *hybridus*, which, however, obtains its normal size at a still earlier age, and, moreover, differs by reclined thecæ also in the mature rhabdosome.

GEINITZ, in his last memoir claims *Rastrites peregrinus* v. *hybridus* LAPW., *Rastrites distans* LAPW., and *Rastrites maximus* CARR. as synonymous with *Rastrites* (»*Monograptus*») *Linnæi* BARR.[1]). This conception is probably based on the author's opinion that the different elements of graptolites have continued growing for some longer time after their first development and, therefore, successively presented various aspects.

PERNER, again, in »Études sur les Graptolites de Bohême» regards *Rastrites distans* v. *abbreviatus* as a »stade moyen de croissance» of *Rastrites Linnæi* BARR.[2]). If I am right in referring the initial fragments represented in figs. 11, 13 and 14 to the former variety, this deviates palpably from *Rastrites Linnæi* as described and figured by PERNER.

Localities and horizon. **Thuringia**: *Rastrites distans* v. *abbreviatus* is a common fossil in the *zone of Rastrites Linnæi* (zone 14). I have collected specimens at Grobsdorf, Rückersdorf, and Heinrichsruhe, and have received from Mr EISEL specimens from Grobsdorf and Altmannsgrün; **Sweden**: the fragments delineated in fig. 18 are seen in a boulder from Enån (Dalarne), and those represented in figs. 19 and 20 were found at Tomarp (Skåne) in the zone of *Cephalograptus cometa*; **Bohemia**: some imperfect graptolites collected by me at Litohlaw seem to be referable either to the typical species or to this variety.

---

[1]) Loc. cit., p. 22.
[2]) Loc. cit., p. 8.

Rastrites Linnæi Barrande.

Pl. II, figs. 21—26.

1850 *Rastrites Linnæi* Barrande, Graptolites de Bohême, p. 65, Pl. 4, figs 2, 4.
1850 » *fugax* » Ibid. p. 66, Pl. 4, fig. 1 (teste Perner).
1851 *Graptolithus Linnæi* Suess, Ueber Böhmische Graptolitheu, p. 42, Taf. IX, fig. 14 b (? 14 a).
1852 *Monograptus Linnæi* Geinitz, pars, Die Graptolithen, p. 48, Taf. V, fig. 19.
1853 » » Richter, Thüringische Graptolithen; Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Gesellschaft, Bd 5; p. 462, compare p. 445.
1881 *Rastrites Linnæi* Linnarsson, Graptolitsk. med *Monogr. turriculatus* vid Klubbudden; Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. Bd V; p. 520, Tafl. 23, fig. 22, 23.
1890 *Monograptus Linnæi* Geinitz, pars, Die Graptol. d. K. Mineralog. Museums in Dresden, p. 22, Taf. A, fig. 33.
1897 *Rastrites Linnæi* Perner, Études sur les Graptolites de Bohême, III:ième Partie, Section a, p. 7, fig. 4, 5, Pl. 13, figs, 27—31.
1897 » » Frech, Lethæa Geognostica, Bd. 1, p. 665, fig. 219: 5.
1899 » » Eisel, Die Schichtenfolge d. ostthüring. und vogtland. Graptolithenschiefer, p. 6.

According to Perner the proximal portion of this species is identical with Barrande's *Rastrites fugax*. It is slightly arcuate and produces thecæ which are somewhat reclined and shorter than their interspaces. After a gentle bending the rhabdosome continues in a distal division which tends to become straight, and displays an appearance so different from that of the initial part that Barrande, who had not seen these parts connected, described them as separate species. Geinitz suggested, however, already in 1852 that *Rastrites fugax* seemed to be what he called »der Jugendzustand» of *Rastrites Linnæi* [1]). I have had no opportunity of examining the sicular portion, but several of my specimens exhibit the transitional curvature. In this the length of the consecutive thecæ augments from 1.5 mm. to 4 mm.; in the remaining part of the rhabdosome this length increases more slowly. As far as I have observed, the thecæ number, in the mature region of the rhabdosome, 4 or 3.5 in the space of 10 mm., reaching a length of from 5 to 8 mm. according to their place. In some cases they stand normal to the stem, but more frequently they show a downward inclination. Their bases are dilated so as to form scalene triangles elongated in the direction of the thecæ, and they widen, likewise, though more abruptly, towards the apertural ends.

Barrande states that he has seen isolated thecæ measuring as much as 16 mm. in length, and according to Perner the distal thecæ reach a length of 15 mm. [2]). From Perner's description it cannot be inferred whether these long thecæ

[1]) Geinitz, Die Graptolithen, p. 49.

[2]) Barrande, loc. cit. p. 65, 66. — Perner, loc. cit. p. 8.

have been observed in the same specimens that also bear thecæ of the more moderate size; if not, one might be disposed to refer those longer thecæ to another species, and most probably to *Rastrites maximus* CARR. In the distal fragment seen in BARRANDE's fig. 2, Pl. 4, which has an extent of 35 mm., the oldest theca is 7 mm. long while the youngest does not exceed 8 mm.; if the length of the following thecæ has continued increasing upon the same scale, such a specimen must have attained an extraordinary extent before producing thecæ of the size stated by BARRANDE and PERNER. Be this at is may, the first development of *Rastrites maximus* is too different from that of *Rastrites Linnæi* for these forms to be thought identical.

In ZITTEL's »Grundzüge der Palæontologie, 1895», we find (p. 108, fig. 207) a drawing signed as *Rastrites Linnæi* BARR., but this figure is scarcely referable to any known species.

Localities and horizon. **Thuringia**: *Rastrites Linnæi* occurs abundantly in the zone named after this species; I have seen it represented at Grobsdorf, Rückersdorf, Igelberg and Heinrichsruhe, and Mr EISEL has sent me examples from Raitzhain and Paitzdorf; **Bohemia**: BARRANDE's originals were produced from Želkowitz; **Sweden**: some poorly preserved specimens, collected at Klubbudden, in the neighbourhood of Motala, have been described and figured by LINNARSSON; the species is there associated with *Monograptus turriculatus* BARR.

Rastrites maximus CARRUTHERS.

Pl. II, figs. 27—33, Pl. III, fig. 1.

1868	*Rastrites maximus*	CARRUTHERS, A Revision of the British Graptolites; Geol. Mag. Vol. V; p. 13, Pl. V, fig. 14.
1869	» »	CARRUTHERS, MURCHISON's Siluria, 4:th edition; Appendix D, p. 541, Foss. 90, fig. 6.
1876	» »	LAPWORTH, On Scottish Monograptidæ; Geol. Mag. Dec. II, Vol. III; p. 313.
1876	» »	LAPWORTH, Catalogue of the Western Scottish Fossils, Pl. I, fig. 1.
1899	» »	FRECH, Lethæa Geognostica, I, p. 256, p. 265, fig. 219: 1.

Only short fragments of *Rastrites maximus* have been figured up to this date, and therefore, our knowledge of it is, in several respects, deficient. As all the specimens referred to it by me are likewise in a fragmentary state, I think it most suitable to describe some of them individually, leaving to the reader to endorse my determinations, cr not.

Figs. 28 and 29 present two distal fractions of **Scottish** specimens from Dobb's Linn, preserved in the Geological Museum of Lund, and labelled by Professor LAPWORTH as *Rastrites maximus* CARR. These specimens have, therefore,

been taken as standard ones. The more perfect of them (Fig. 29) measures 13 mm., in extent, and gives off four thecæ. These have a length of 10 or 11 mm., are gently curved, and perceptibly reclined. A triangular dilatation, though shorter than that seen in *Rastrites Linnæi*, is visible at their bases, and their very extremities are also a little widened. The internodes average 4 mm. in length. In the other example from the same locality the internodes are but 3 mm. long.

The very sicular portion, as seen in an example found by me at Dobb's Linn, is delineated in fig. 27. It shows quite the same hook-shaped form as the corresponding part of *Rastrites peregrinus* and of some other *Rastrites*, the sicula being indicated by a small triangular widening of the initial extremity. The first internode is very short, and the three following ones augment successively to 1.5 mm., 2 mm. and 2.5 mm. The four thecæ first developed seem to be broken off; the fifth, again, has a length of 4.5 mm. and the sixth, of 5.5 mm. Their form agrees precisely with that seen in the specimens just described.

In figs. 31 and 32 two specimens from Motala are illustrated, that seen in fig. 32 being unusually clear. It represents an early stage of development, though the very extremity is wanting. The gradual increase in length of the thecæ and internodes visible may be inferred from this table

Length of thecæ visible				Length of internodes visible			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
1 mm.	2.7 mm.	6.2 mm.	1.7 mm.	1 mm.	1.4 mm.	1.7 mm.	2 mm.

In spite of its shortness the fourth theca is not broken off, whence it may be concluded that the growth of the rhabdosome has been interrupted a short time after the budding of this theca.

The specimen from which fig 1, Pl. III has been drawn, was found by me at Heinrichsruhe in Thuringia. It is a portion of the adult region, having a length of 28 mm., and bearing 9 thecæ. These have an almost rectangular position with respect to the stem, and are, when unbroken, about 12 mm. long. The internodes have a width of .25 mm., and the diameter of the middle part of the thecæ is .5 mm.; both being strongly compressed.

In an earlier paper[1]) I have recorded the two specimens from Motala as *Rastrites Linnæi* Barr., and, as already mentioned, Perner holds it far from improbable that the species *Rastrites maximus* was founded on distal fragments of that species. If I am right in my interpretation of the examples dealt with in the above, *Rastrites maximus* is, however, well distinguished by (1) a different form of the proximal part and (2) a more rapid increase of the consecutive earlier thecæ.

Horizon. As the localities which have afforded the examples described have already been given, it should only be added that the species everywhere is confined to an horizon near the top of the *Rastrites*-bearing shales.

[1]) Törnquist, Berättelse om en geologisk resa genom Skånes och Östergötlands paleozoiska trakter, sommaren 1875; Öfvers. af K. Vetenskaps-Akad:s Förhandl. 1875; p. 68, 69.

Note. The majority of species of the genus now dealt with which accompany or succeed *Rastrites peregrinus*, maintain the general shape of the prototype, and differ from one another chiefly in the development of the thecæ and the internodes. Before dying out, the genus presents us with some species in which the generic characters appear, so to say, in an almost exaggerated form.

Genus **Monograptus** Geinitz.

Monograptus triangulatus Harkness.

For the synonymy, description, and illustration of the typical *Monograptus triangulatus*, I refer to my paper »Researches into the Monograptidæ of the Scanian Rastrites Beds», p. 19. As remarked by Lapworth [1]), specimens are occasionally met with having all the thecæ seamingly isolated. In striking contrast with such *Rastrites*-like specimens is a form occurring in Thuringia, to which Eisel has assigned a separate title.

Monograptus triangulatus Harkness var. Raitzhainiensis Eisel.

Pl. III, figs 2—4.

1899 ***Monograptus triangulatus*** Harkness var. ***Raitshainiensis*** Eisel, Ueber die Zonenfolge ostthüring. u. vogtländ. Graptolithenschiefer, p. 7.

Without expressing any opinion of my own as to whether the peculiar appearance of this form may justify the establishment of a distinct variety, or can be explained as due to accidental deformation resulting from lateral pressure, I give here some drawings of the graptolite, adopting, for the present, the name proposed by Eisel. The sicular portion, which very much resembles that of Harkness' original figure of the type species, is strongly incurved, often so as to form a narrow loop, and produces isolated thecæ [2]). The distal part is slightly arcuate, or nearly straight. In this region the thecæ are in contact with each other, but broader and shorter than in the typical form, and terminate in more rounded apices. Whichever may be the true nature of this form, its distal thecæ differ noticeably from those of any *Rastrites*, but show sometimes a superficial approach to those of *Monograptus fimbriatus* Nich.

Localities and horizon. **Thuringia**: the specimens delineated have been collected by Mr Eisel at Raitzhain; I have myself found similar examples at Thierbach. The form occurs in the zones of *Monograptus triangulatus* and *Rastrites peregrinus* (zones 12 a and 12 b), being more common in the former.

---

[1]) Lapworth, loc. cit. p. 312.

[2]) The form of the initial part of *Monograptus triangulatus* seems to be unusually variable.

Monograptus cfr. urceolus Richter.

Pl. III, figs. 5—10.

1853 cfr. *Monograptus urceolus* Richter, Thüringische Graptolithen; Zeitschr. d. Deutsch. Geologischen Gesellsch., Bd 5; p. 462, Taf. 12, figs. 29, 30.

1899 *Rastrites urceolus* Eisel, Die Zonenfolge d. ostthüring. u. vogtländ. Graptolithenschiefer; p. 6.

The diversity of aspects presented by this species can most easily be accounted for if the rhabdosome is supposed originally to have been rolled up into a conical spiral. My best preserved specimens have a length of about 40 mm. with an average width of 1.5 to 2 mm. The common canal is narrow, though not so uniformly thread-like as that of the *Rastrites*. Owing to the effect of pressure, the number of thecæ to a given unit varies considerably even in different parts of one and the same volution, but, when least deformed, 11 or 12 can be counted in 10 mm. Those originating from the earliest coil are isolated, whereas the succeeding ones assume a triangular form and come in contact with one another. All have originally terminated in reflexed lobes, which, on account of different directions of the pressure, are larger or smaller, or even protracted and pointed.

From *Monograptus convolutus* His. and *M. decipiens* Törnq. the species is readily distinguished by (1) the conical growth of the helicoid rhabdosome (2) the form and size of the thecæ. From *Monograptus proteus* Barr. it differs in the structure of its initial part.

Eisel has identified this species with *Monograptus urceolus* Richter. The figures given by the last-named author deviate not a little from the examples in my possession, it is true, but, nevertheless Eisel's identification may, possibly, be well founded, for the general habit of the species is exceedingly variable. When the monograph of Thuringian graptolites which Mr Eisel has been preparing for many years, is published, our knowledge of this species, as well as of many others, will certainly be much enriched.

Localities and horizon. **Thuringia**: The species described is a very common one in the *zone of Cephalograptus cometa* (zon 14), as exposed at Grobsdorf (Eisel, Törnquist), Raitzhain (Eisel), &c.

Note. There occur at Heinrichsruhe, in **Thuringia**, high up in the *Rastrites* series, numerous small graptolitic fragments, some of which are represented in figs. 11—15, on Pl. III. I have seen no longer fragments than those figured; nor have I discovered associated with them greater specimens of which they could be thought to be fragments. They are all moderately curved, giving rise to thecæ from their convex margin. The thecæ number from 7 to 9 in the space of 5 mm. (14 to 18 in 10 mm.), are 1 mm. long, perpendicular to the stem, and provided with short reflexed apices. If we disregard the higher number of thecæ to a given length, these fragments bear an unmistakable resemblance to the proximal portion of the

foregoing species, but because of my unsatisfactory material, the question of their relationship must be reserved for future researches.

Monograptus amphibolus n. sp.

Pl. III, figs. 16—21.

A fairly complete specimen is represented in fig. 16. Commencing with a short, faintly curved portion, bearing thecæ on its convex side, the rhabdosome soon makes a gentle turn, and continues in the opposite direction describing more than half a circle, and, owing to a torsion, also in this division emitting thecæ from the convex margin. The thecæ are in the proximal part isolated and perpendicular to the common canal, gradually increasing in length from 1 mm. to 1.7 mm. The thecæ of the remaining part, again, remind us very much of those characteristic of *Monograptus convolutus* His., but are shorter and devoid of reflexed lobes. In other specimens the thecæ are placed on the concave side of the distal division, as shown in fig. 17. Shorter fragments are delineated in figs. 18 and 19. The various appearances displayed by this species indicate that the rhabdosome, like that of the foregoing one, has originally formed a conical spiral. But for this peculiarity, the species makes the impression of a starved *Monograptus convolutus* or *M. decipiens*.

Locality and horizon. **Sweden**: *Monograptus amphibolus* has, as yet, been found only at Kongslena (Västergötland) in the *zone of Monograptus turriculatus*. It is not rare there.

Monograptus convolutus Hisinger.

Pl. III, figs. 22, 23.

Having in previous memoirs given illustrations and detailed descriptions of this species [1]), I propose in this communication only to add some facts bearing upon its supposed relation to the genus *Rastrites*.

In Murchisons »Siluria», fourth edition (1867), we find, p. 61 (Fossils 12, fig. 3), a graptolite delineated under the name of *Rastrites peregrinus*, which, however, must be referred either to *Monograptus convolutus*, or to a closely related form. In a paper likewise published in 1867 I recorded the true *Monograptus convolutus* His. as »*Rastrites? convolutus*»; and ten years later Linnarsson advanced the contention that Hisinger's original of *Prionotus convolutus* was, in fact, identical with Barrande's *Rastrites peregrinus*. Even Tullberg, who in his often-cited paper »On the Graptolites described by Hisinger and other Swedish authors» clearly made out the true characters of *Monograptus convolutus* stated, nevertheless, that »Hisinger's type specimen is very like *Rastrites peregrinus*». From what is now known about the two species, it is evident that they are widely separated from

[1]) Törnquist, Undersökningar öfver Siljansområdets Graptoliter II; Acta Univ. Lundensis, Tom. XXVIII, 1892; p. 30. — Researches into the Monograptidæ of the Scanian Rastrites Beds, K. Fysiogr. Sällsk. Hand. Bd. 10 (Acta Univ. Lundensis, Tom. XXXV) 1899, p. 21.

one another. The confusion can, however, be accounted for by the circumstance that examples of *Monograptus convolutus* are occasionally met with in which not only the proximal thecæ, but also those of the exterior volutions appear to be isolated. So far as I have observed, this appearance depends upon the mode in which the fossil has been preserved in the rock. I have collected specimens of this kind both in Östergötland and in Dalarne, always lying in seams or spheroidal concretions of calcareous shales, and preserved in half relief (See Figs. 22, 23). The apparently isolated thecæ, which are sometimes mingled with others of normal shape, are partly concealed by the matrix, and may by means of an awl or a needle be prepared out so as to display their regular form. If I am not mistaken, HISINGER's originals occur in shales of that description.

As already mentioned (p. 12), CARRUTHERS in his paper »A Revision of the British Graptolites», has (Pl. V, fig. 1 a) reproduced a very perfect but rather enigmatic specimen of *Monograptus convolutus*, the earliest thecæ of which are uncommonly long; and in the accompanying description the author states that these thecæ show indications of having been provided with such terminal bristles as are seen in the thecæ illustrated in his figs 1 b and 1 c. After examining the original of CARRUTHER's fig. 1 a, LAPWORTH says that he is inclined to believe that its strange appearance is »owing to the accidental juxtaposition of two different forms». Such an interpretation of CARRUTHERS' drawing has also appeared to me most plausible; and when, many years ago, I was examining the collection of British graptolites sent by Professor LAPWORTH, already referred to, and then found a slab from Craig Michan Scaurs containing *Monograptus convolutus* associated with short fragments quite agreeing with CARRUTHERS' figs 1 b and 1 c, I did not hesitate to identify the latter with *Rastrites phleoides*, which species I was just going to describe [1]). I was, accordingly, not a little surprised when lately, in a collection of graptolites from »Colonie Haidinger» made by myself in 1889, I came across one specimen in many respects resembling CARRUTHERS' fig. 1 a. Not only were the proximal thecæ uncommonly long and apically emarginated, like those of *Rastrites rastrum* RICHT., but I even thought that I could detect at the very apices traces of bristles. Unfortunately this part of the rhabdosome was destroyed while I was trying to prepare it better for delineation. I dare draw no conclusion from this single observation, so much the less as my previous descriptions of *Monograptus convolutus* were based on specimens which admit of no misinterpretation, but I have thought the fact mentioned deserve not to be left unnoticed.

---

[1]) TÖRNQUIST, Anteckningar om de äldre paleozoiska leden i Ostthüringen och Voigtland; Geol. Fören. i Stockholm Förhandl.; Bd IX; 1897, p. 490.

Monograptus gemmatus Barrande.

Pl. III, figs. 24—31.

1850 *Rastrites gemmatus* Barrande, Graptolites de Bohême, p. 68, Pl. 4, fig. 5.

1863 cfr. *Monograptus gemmatus* Richter, Thüringische Graptolithen; Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Gesellsch. Bd 5; p. 462, Taf. XII, fig. 34.

1897 *Rastrites gemmatus* Frech, Lethæa Geognostica I, p. 266, fig. 219: 6.

1897 *Monograptus gemmatus* Perner, Études sur les Graptol. de Bohême, p. 23, fig. 26, Pl. 11, fig. 33.

1899 *Rastrites gemmatus* Eisel, Ueber die Zonenfolge d. ostthüring. u. vogtländ. Graptolithenschiefer, p. 6.

Barrande described this graptolite as a *Rastrites*, and, strange to say, Richter regarded the isolation of thecæ more completely realized in this species than in any other. As Perner has clearly demonstrated, however, it is a true *Monograptus*, in fact, not even nearly related to any *Rastrites*. As only imperfect fragments have heretofore been described and figured, I now give a more complete characteristic of the species.

The rhabdosome reaches an extent of more than 40 mm., and is very slender throughout; when converted into pyrites it augments in width from .2 mm. near the sicular end to .5 mm. in the distal part, but in compressed state it is almost twice as broad. A specimen showing its most normal appearance commences with a broadly arcuate portion emitting thecæ from the convex side, then bends in the opposite direction, and graduates into a curve tending to form a centripetal spiral, and carrying thecæ on its inner edge. But on account of accidental fractures and torsions, due to the tenuity of the rhabdosome, the specimens often exhibit an aspect more or less deviating from that described above. In the distal portion the thecæ number from 8 to 10 in 10 mm., but in the earlier region, only 6 or 7 to the same length. They are adpressed to the common canal, and widen almost imperceptibly upwards until they terminate in projecting narrow tubes, which are reflexed and enrolled so as to form rounded knobs. In specimens preserved in relief their apices seem to be turned to the one side, as seen in fig. 31, in which drawing the very apertures are concealed by the visible part of the lobes. The thecæ are identical in form along the entire rhabdosome, but in the earlier half of flattened specimens they commonly appear in the form of small reflexed hooks, like those represented on Pl. III, fig. 30 of this paper, and in Perner's work on pag. 23, fig. 26, and Pl. II, fig. 33.

Localities and horizon. **Sweden**: in the year 1899, I found, in the *zone of Monograptus discus* of Kinnekulle, some specimens of this species, converted into pyrites. **Thuringia**: from Mr Eisel I have received excellent compressed specimens, produced from the *zone of Monograptus exiguus* (zone 15) at Paitzdorf and Loitzsch. **Bohemia**: At Litohlaw I have collected both distal

and proximal fragments, sometimes seen on one and the same hand-piece. They occurred there on an horizon not far from that characterized by ***Monograptus turriculatus***.

Note. ***Monograptus triangulatus*** Haekn. is succeeded by a group of unquestionable ***Monograpti*** characterized by the fact that a number of the oldest thecæ are linear and isolated, while the following ones are triangular and in contact with each other, though without overlap. For all I know, this group does not range up to the top of the ***Rastrites*** division; and the spirally enrolled ***Monograpti*** of younger deposits show a quite different structure of the initial end.

Printed December 28:th, 1907.

Explanation of Plate I.

Unless otherwise stated, the specimens delineated are compressed. Direction of lateral pressure is indicated by arrows placed on either side of the figures.

Rastrites peregrinus BARRANDE.

Fig. 1—8. Natural size. Colonie Haidinger.
» 9. » » Klubbudden.
» 10, 11. » » Kongslena.
» 12. » » Nyhamn.
» 13. » » Tomarp.
» 14. » » Kallholn.
» 15—17. » » Garpel Glen.
» 18. » » Dobb's Linn.
» 19. » » Fragments converted into pyrites. Skellgill.
» 20. Initial portion × 4. Colonie Haidinger.
» 21. Distal part × 4. Ibid.
Originals collected by the Author.

Rastrites peregrinus BARRANDE, var. hybridus LAPWORTH.

Fig. 23. Natural size. Imprint of a specimen preserved in faint relief. Enån.
» 24. Distal part of the same specimen × 3.5.
Original collected by the Author.

Rastrites peregrinus BARRANDE, var. pecten. n. v.

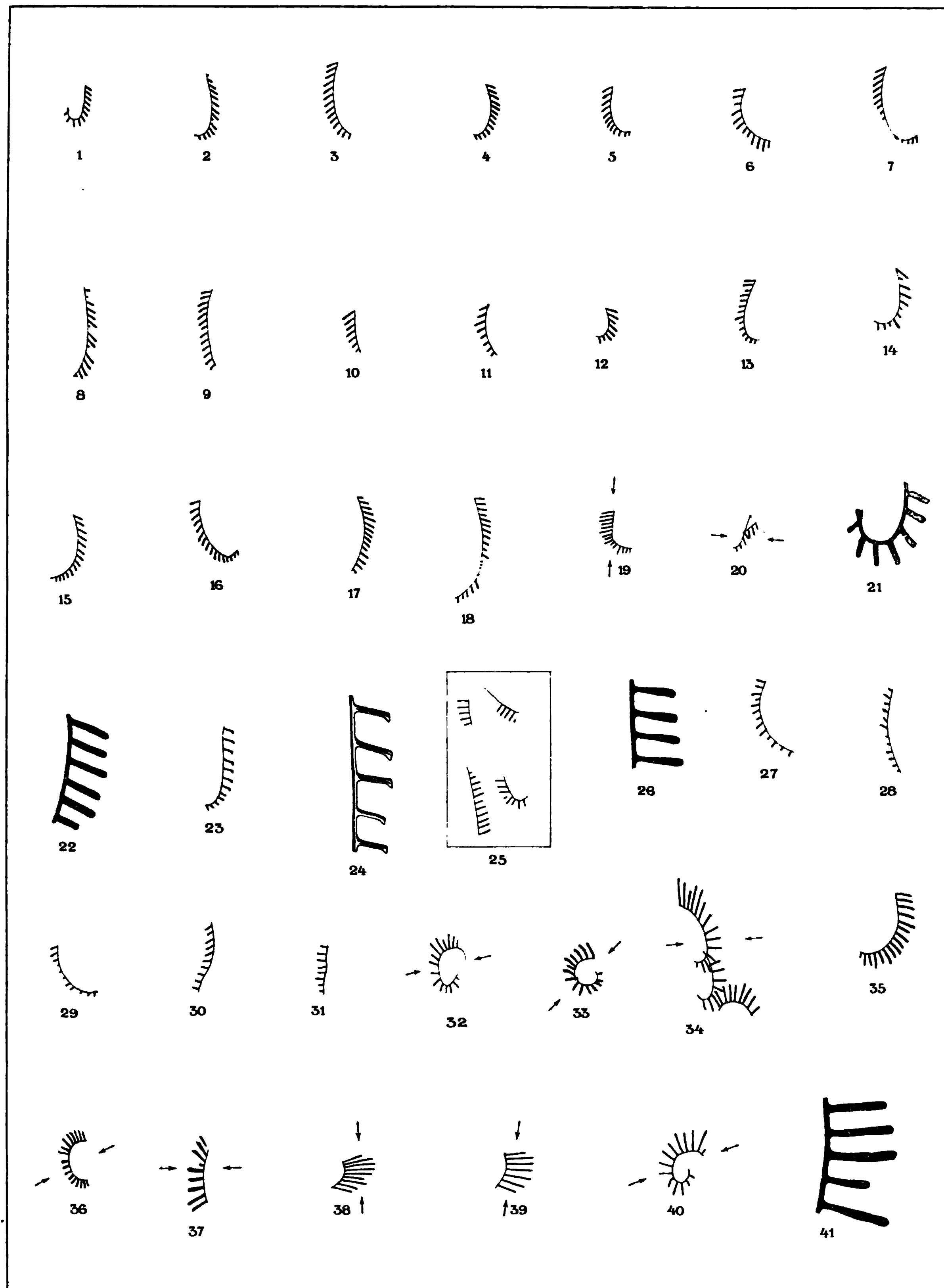
Fig. 25. Portion of a slab, showing different parts of the rhabdosome; natural size. Dobb's Linn.
» 26. Distal part of one of these specimens × 4.
Original collected by the Author.

Rastrites peregrinus BARRANDE, var. socialis n. v.

Fig. 27—31. Natural size. Böhmsdorf.
Originals collected by the Author.

Rastrites approximatus PERNER, var. Geinitzi n. v.

Fig. 32. Natural size. Pausa. Collected by the Author.
» 33—35. » » Raitzhain. Collected by Mr. Eisel.
» 36. » » Grobsdorf. Collected by Mr. Eisel.
» 37—39. » » Thierbach. Collected by the Author.
» 40. » » Altmannsgrün. Collected by Mr. Eisel.
» 41. Distal part × 3.5. Altmannsgrün. Collected by Mr. Eisel.



SKÅNSKA LITH AKT-BOL MALMÖ

Explanation of Plate II.

Unless otherwise is stated, the specimens illustrated are compressed. Direction of lateral pressure is indicated by arrows placed on either side of the figures.

Rastrites rastrum RICHTER.

Fig. 1—3. Natural size. Raitzhain.
» 4—5. Distal part × 3.5. Raitzhain.
» 6. Distal part × 3. Grobsdorf.
Originals collected by Mr. Eisel.

Rastrites phleoides TÖRNQUIST.

Fig. 7. Natural size. Böhmsdorf. Collected by the Author.
» 8. Distal part × 4. Ibid. Collected by the Author.
» 9. Distal part × 3.5. Craigmichan Scaurs. Collected by Professor Lapworth, now in the Geological Museum of Lund.
» 10. Distal part × 3, seen on the same slab.

Rastrites distans LAPWORTH, var. abbreviatus LAPWORTH.

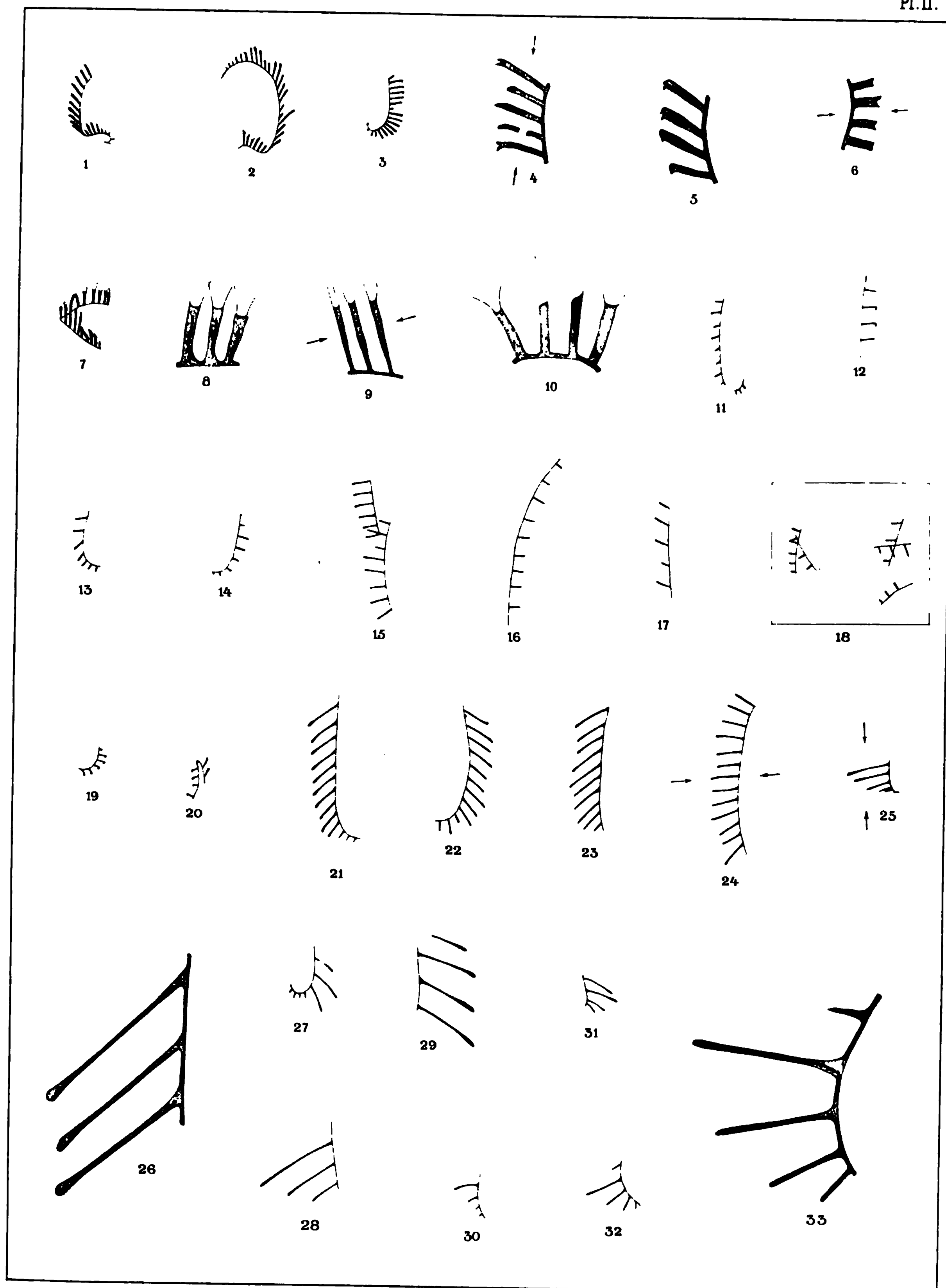
Fig. 11, 12. Natural size. Arnsbach. Collected by Mr. Eisel.
» 13, 14. » » Grobsdorf. Collected by the Author.
» 15, 16. » » Ibid. Collected by Mr Eisel.
» 17. » » Rückersdorf. Collected by the Author.
» 18. Fragments converted into pyrites; natural size. Enån. Collected by the Author.
» 19, 20. Fragments preserved in partial relief; natural size. Tomarp. Collected by the Author.

Rastrites Linnæi BARRANDE.

Fig. 21—23. Natural size. Grobsdorf. Collected by Mr. Eisel.
» 24. » » Ibid. Collected by the Author.
» 25. » » Paitzdorf. Collected by Mr. Eisel.
» 26. Distal part × 4. Grobsdorf. Collected by Mr. Eisel.

Rastrites maximus CARRUTHERS.

Fig. 27. Proximal extremity; natural size. Dobb's Linn. Collected by the Author.
» 28, 29. Natural size. Dobb's Linn. Collected by Professor Lapworth, now in the Geological Museum of Lund.
» 30. Natural size. Dobb's Linn. Collected by the Author.
» 31. Imprint of a specimen preserved in relief. Motala. Collected by the Author.
» 32. Specimen preserved in partial relief. Ibid. Collected by the Author.
» 33. Same specimen enlarged.



SKÅNSKA LITH. ANST. BOL. MALMÖ

Explanation of Plate III.

Unless otherwise is stated, the specimens delineated are compressed. Direction of lateral pressure is indicated by arrows placed on either side of the figures.

Rastrites maximus CARRUTHERS.

Fig. 1. Imprint of a specimen in flattened relief; natural size. Heinrichsruhe. Collected by the Author.

Monograptus triangulatus HARKNESS, var. Raitzhainiensis EISEL.

Fig. 2—4. Natural size. Raitzhain. Collected by Mr. Eisel.

Monograptus urceolus RICHTER.

Fig. 5—8. Natural size. Raitzhain. Collected by Mr. Eisel.
» 9. » » Grobsdorf. Collected by Mr. Eisel.
» 10. Portion of a slab, showing different fragments; natural size. Grobsdorf. Collected by the Author.

Monograptus sp.

Fig. 11—15. Natural size. Heinrichsruhe. Collected by the Author.

Monograptus amphibolus TÖRNQUIST.

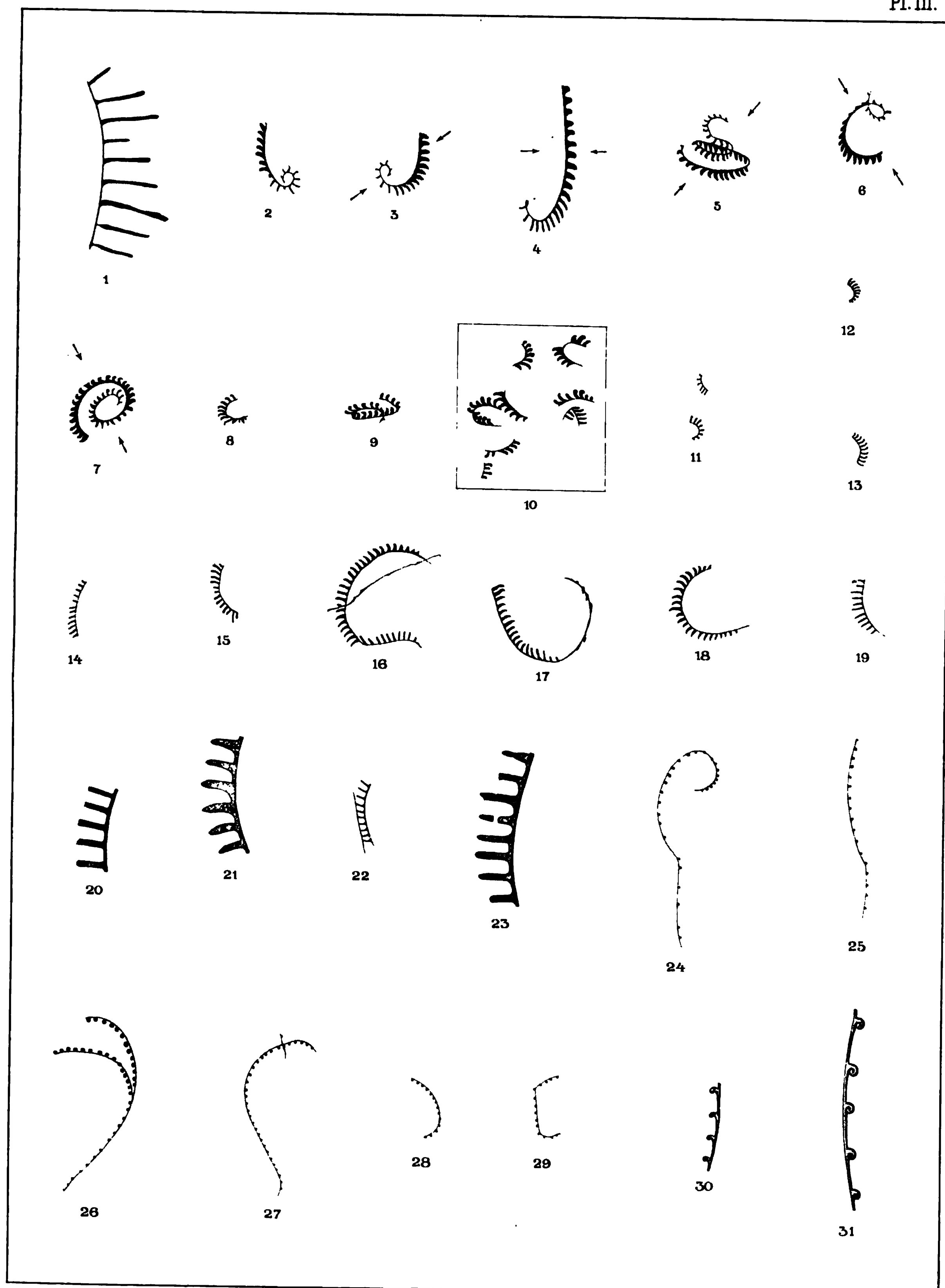
Fig. 16—19. Natural size. Kongslena.
» 20. Proximal part × 3.5. Ibid.
» 21. Distal part × 3.5. Ibid.
Originals collected by the Author.

Monograptus convolutus HISINGER.

Fig. 22. Natural size. Enån.
» 23. Distal part × 4. Råsnäset.
Originals collected by the Author.

Monograptus gemmatus BARRANDE.

Fig. 24, 25. Specimens preserved in relief. Kinnekulle. Collected by the Author.
» 26. Two specimens; natural size. Paitzdorf. Collected by Mr. Eisel.
» 27. Natural size. Ibid. Collected by Mr. Eisel.
» 28. Part of the distal region; natural size. Litohlaw. Collected by the Author.
» 29. Part of the proximal region; natural size. Ibid. Collected by the Author.
» 30. Part of the proximal region × 4. Ibid. Collected by the Author.
» 31. Part of the proximal region, preserved in relief, × 4. Kinnekulle. Collected by the Author.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

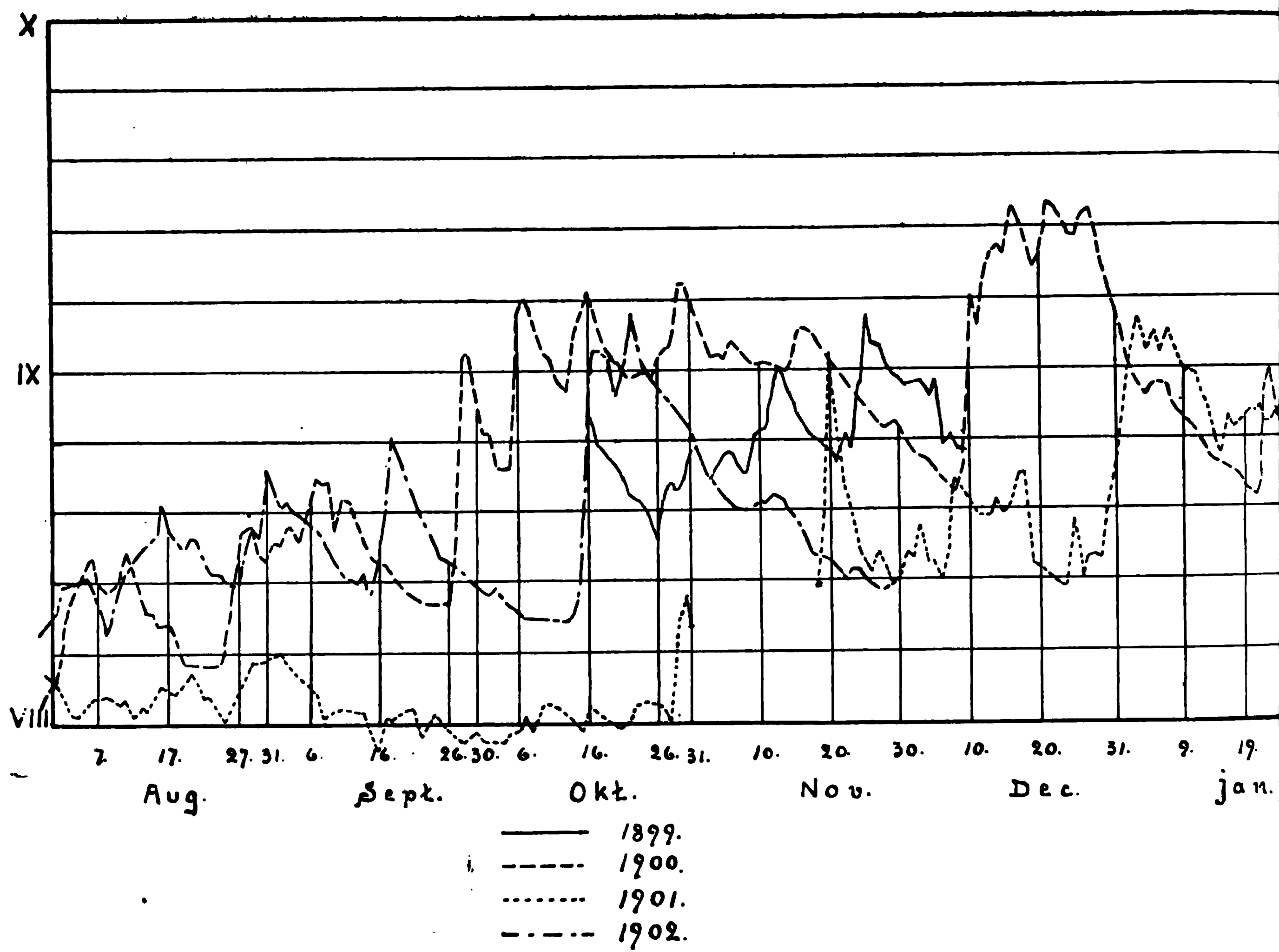
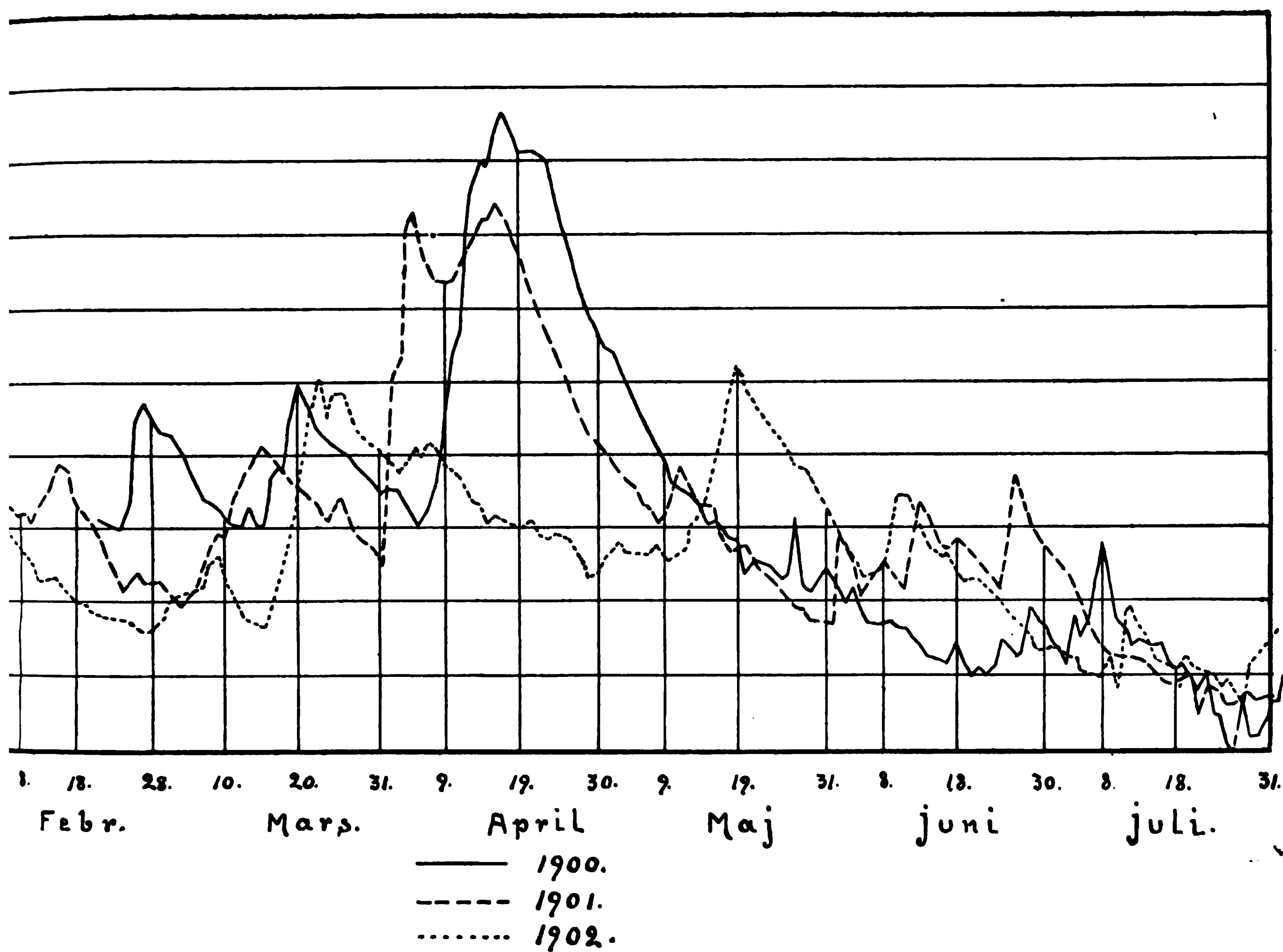


Fig. 4. Nissans vattenstånd vid Johansfors från



6 oktober 1899 till den 30 november 1902.

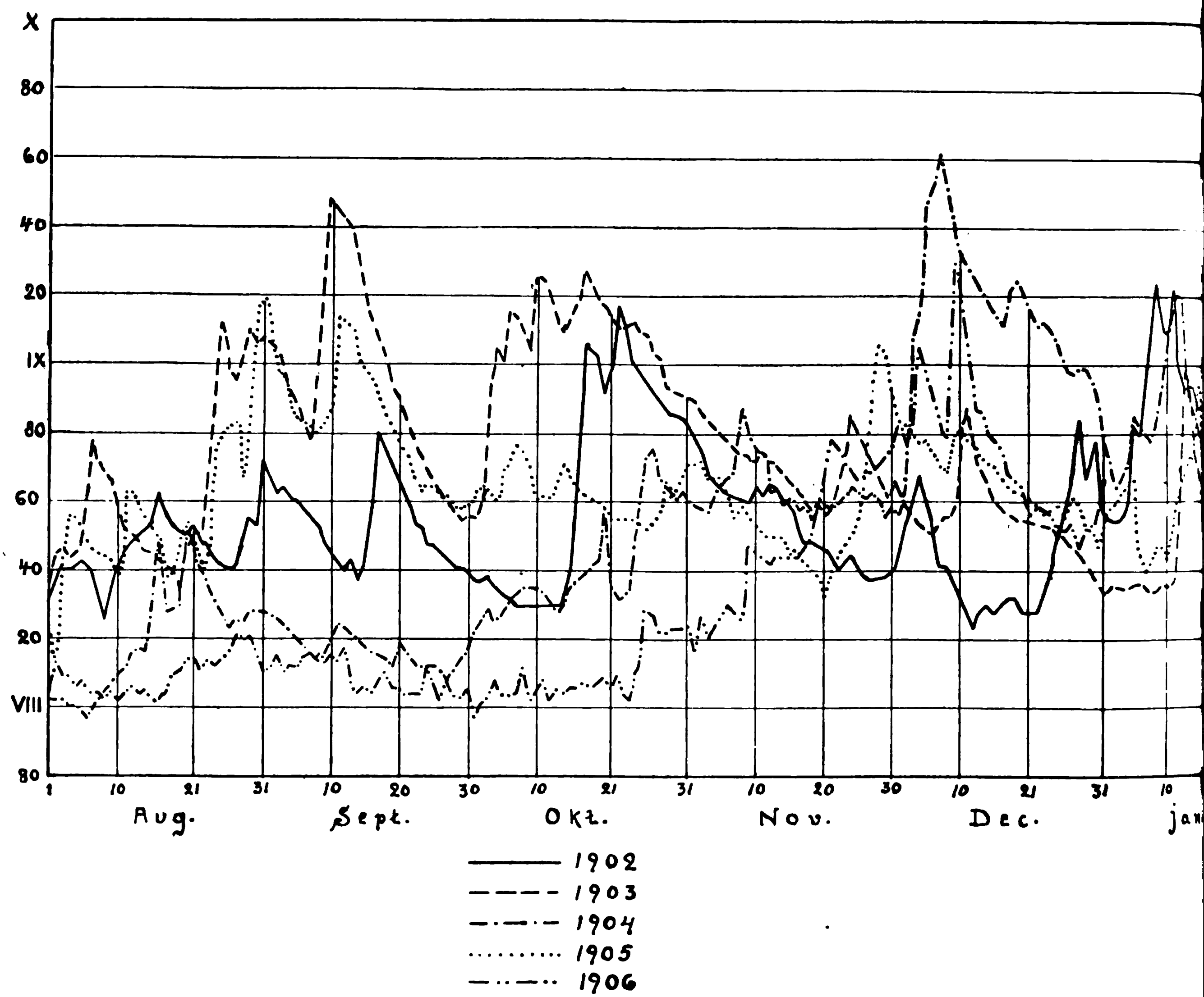
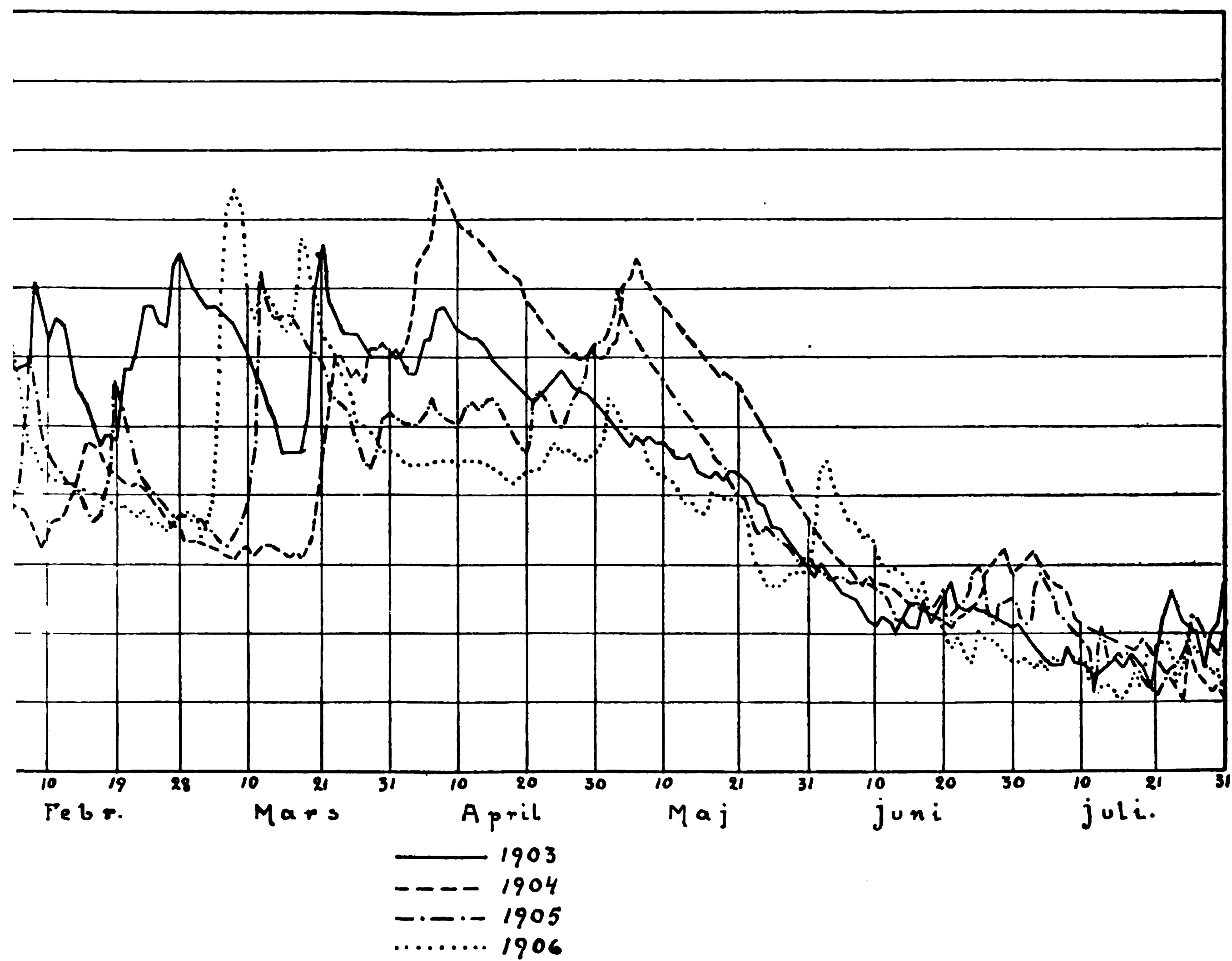


Fig. 5. Nissans vattenstånd vid Johansfors fr



gusti 1902 till och med utgången af år 1906.

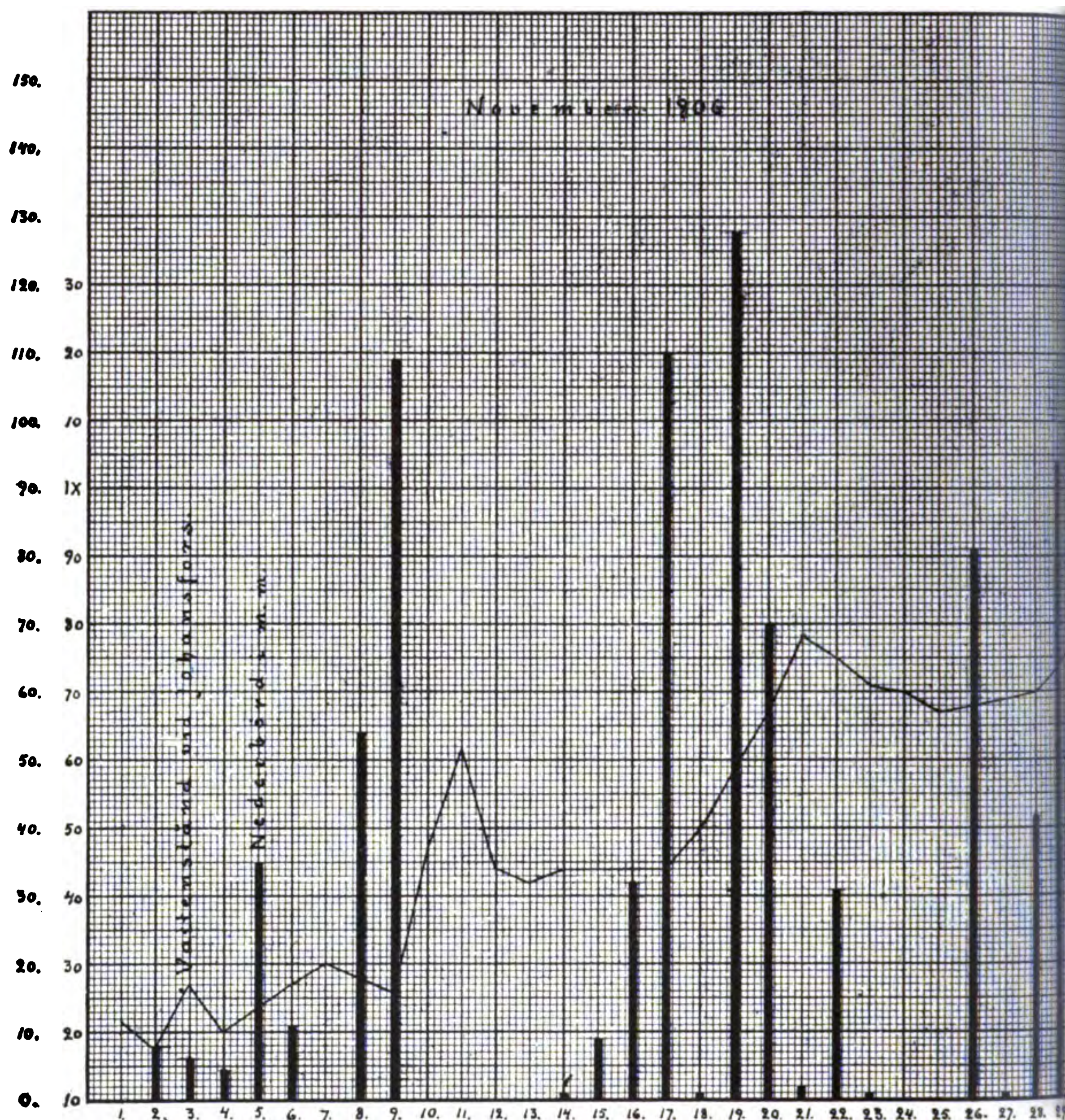
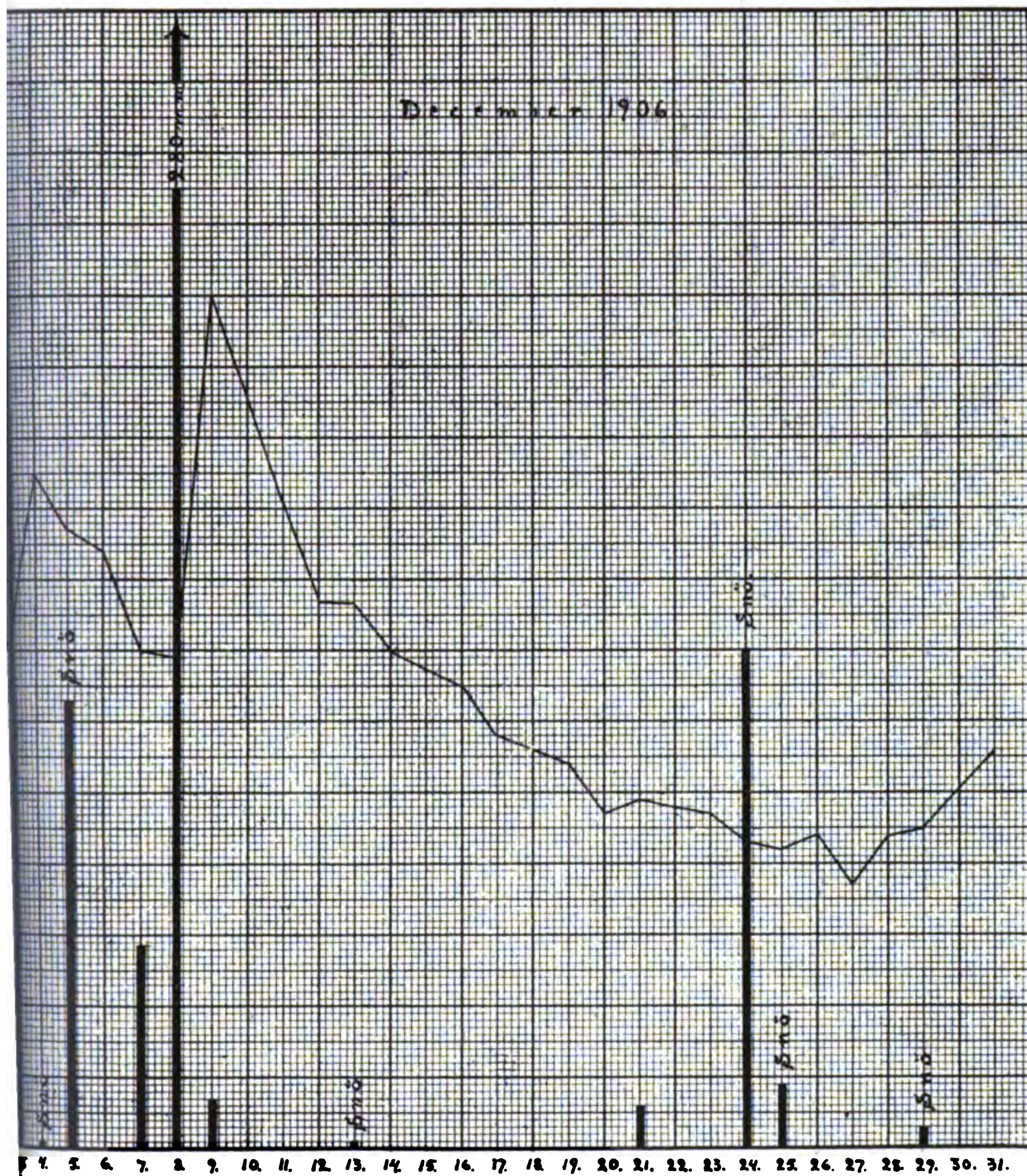


Fig. 6. Nederbörds- och vattenståndstabeller för november och december 1906. Vattenstån
Nederbördshöjden i $^{1}/_{10}$ mm.,



inträder vanligtvis dagen efter stark nederbörd, stundom först två dagar efter sådan.
höjden i cm.

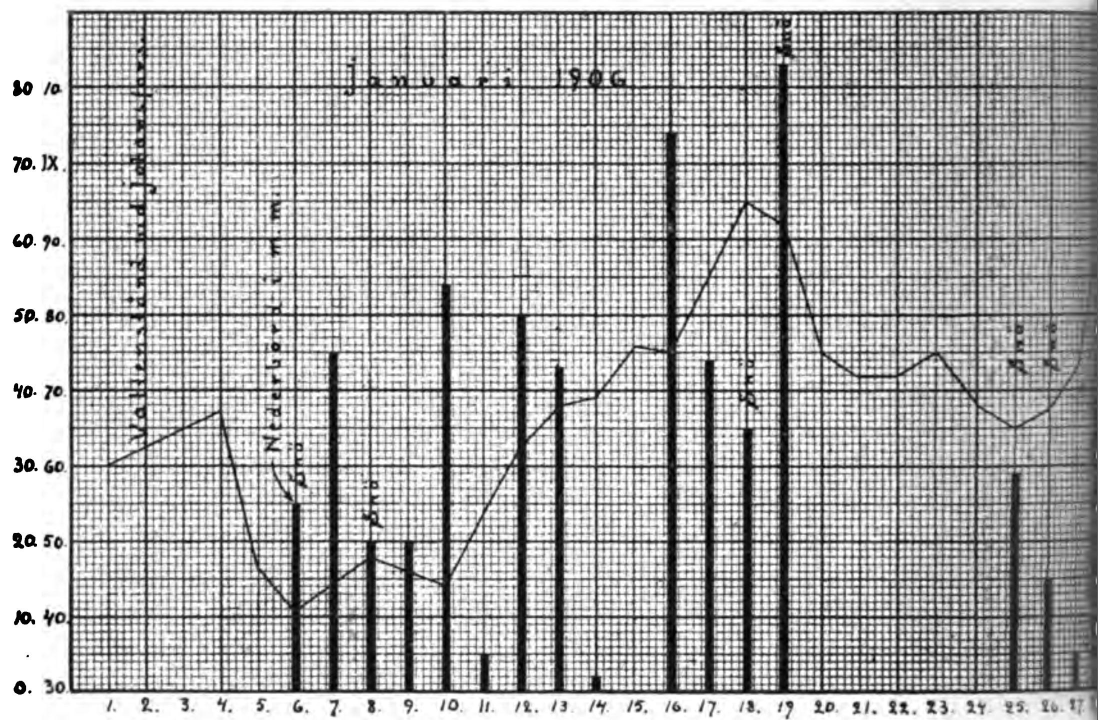
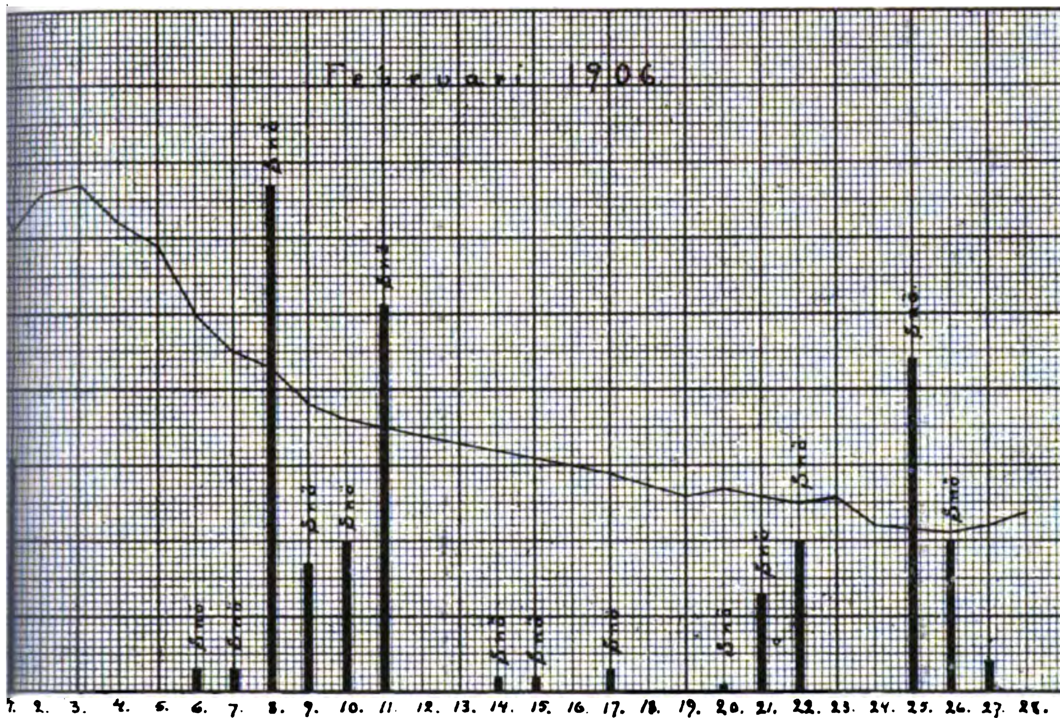


Fig. 7. Nederbörds- och vattenståndstabeller för januari och februari 19…
Nederbördshöjden i …



rbörden inverkar synbarligen ej direkt och omedelbart på vattenståndet.
enståndshöjden i cm.

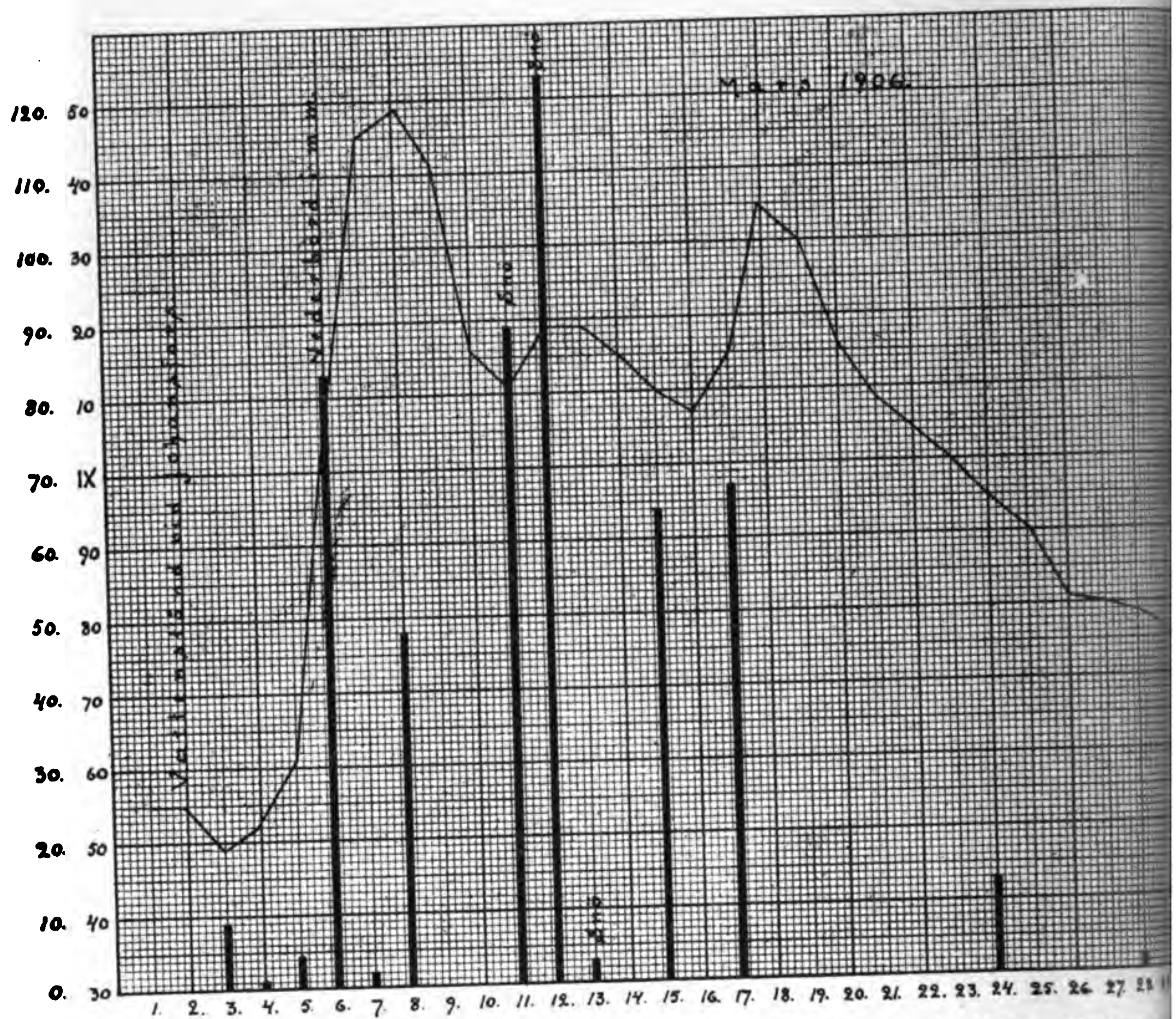
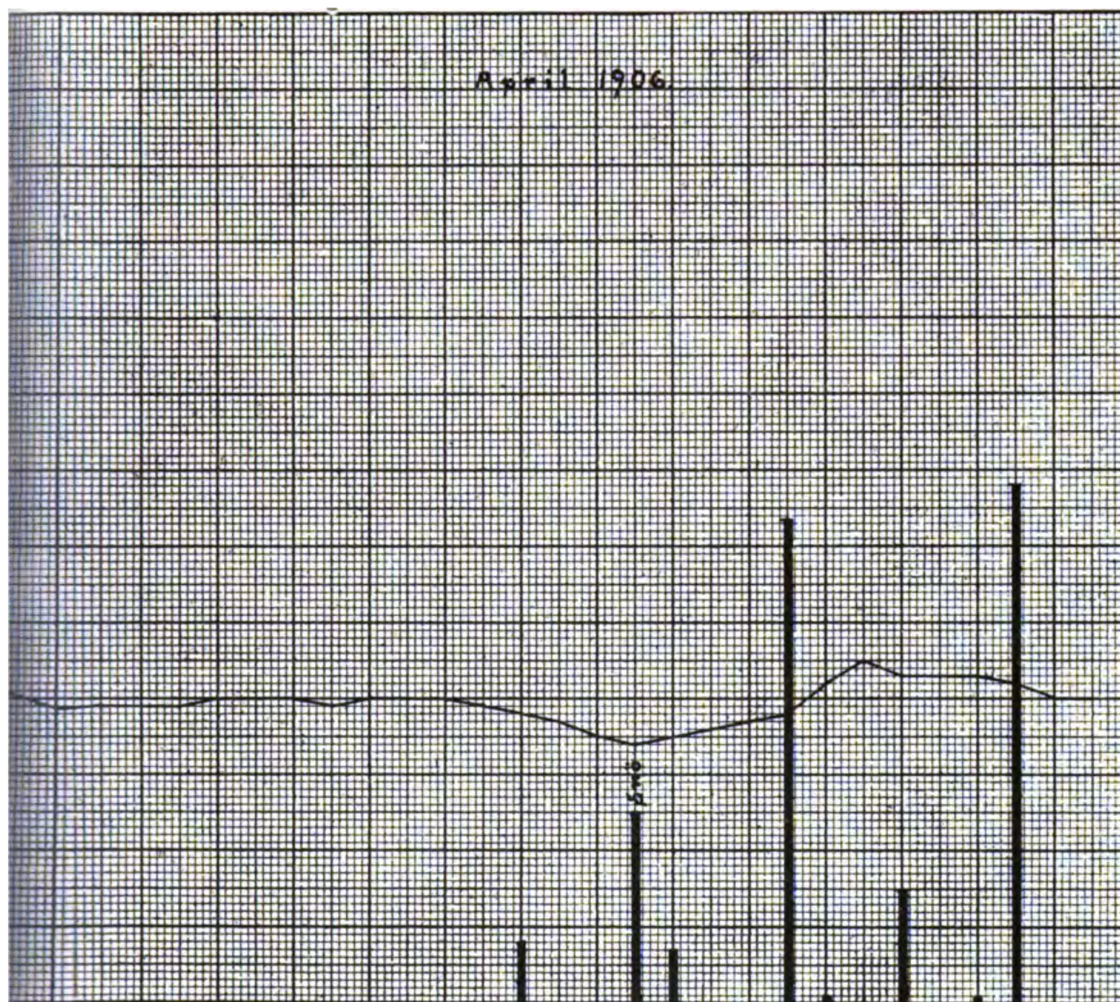


Fig. 8. Nederbörds- och vattenståndstabell för mars och april månader år 1906. Vattenst
inverka endast starkare regn, direkt på vattenstånd



aträder en eller två dagar efter starkare nederbörd. Mot slutet af mars och under april
rdshöjden i $^1/_{10}$ mm.; vattenståndshöjden i cm.

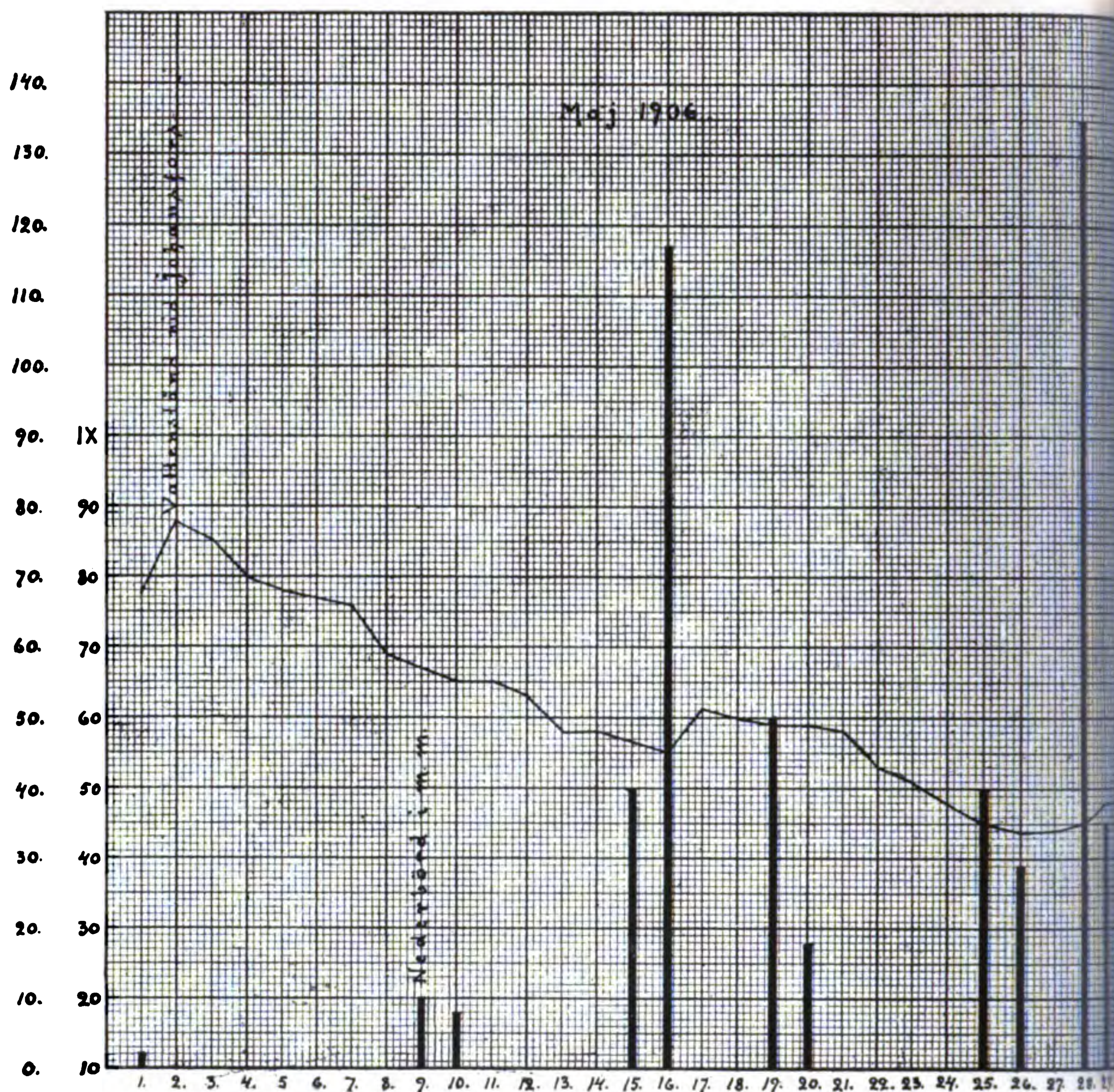
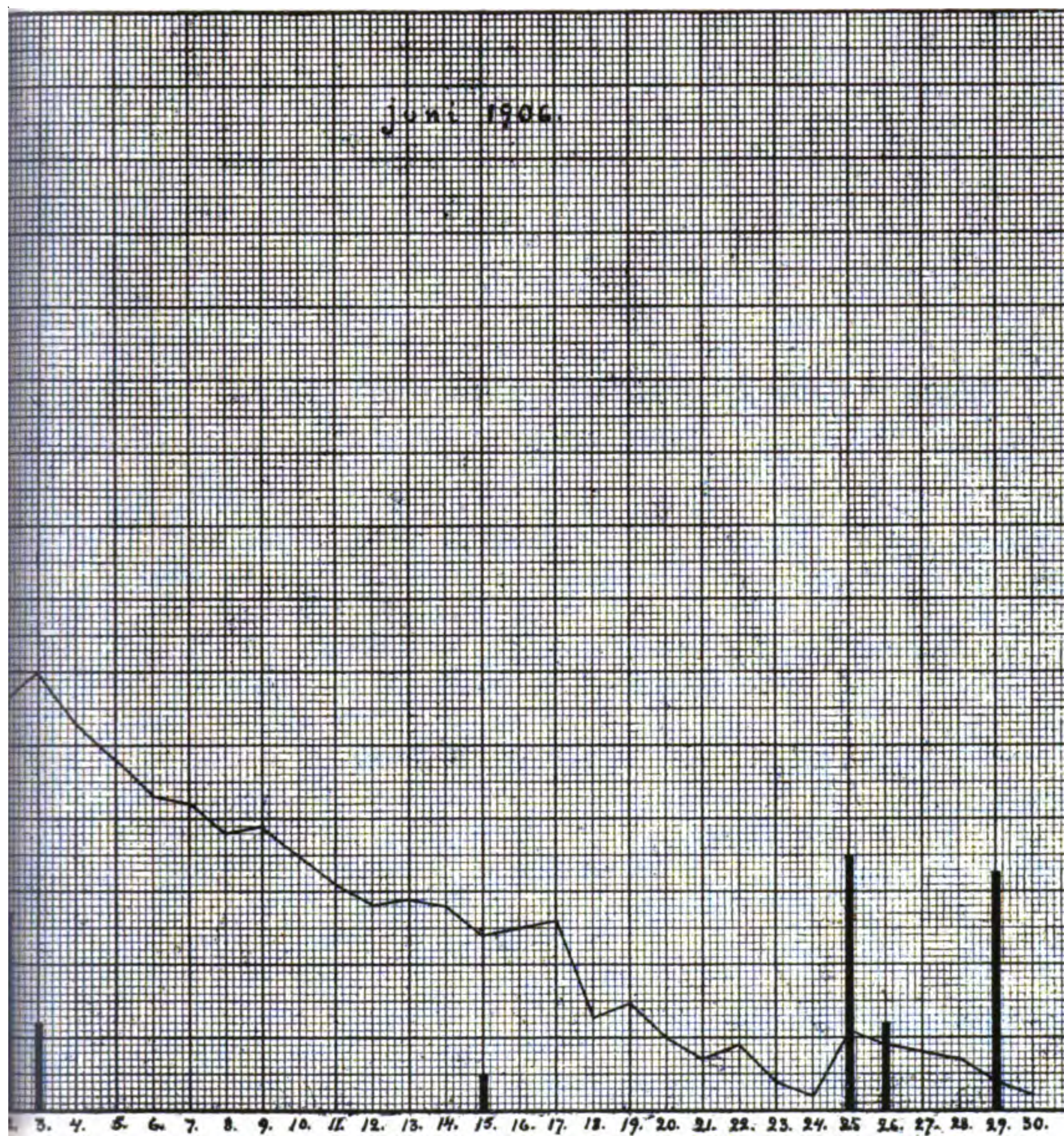


Fig. 9. Nederbörds- och vattenståndstabell för maj och juni år 1906. Enstaka starka regn i mycket starka regn, åstadkommer en höjning af vattenståndet, hvilken höjning d Nederbördshöjden i $^1/_{10}$ mm.; vattenståndshöjden i cm.



närkbart på vattenståndet. En regnvecka, slutet af maj och början af juni, med delvis ycket obetydlig, jämförd med den, som ett lika starkt vårregn framkallar (jmfr fig. 8).

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 3. Nr 6.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 18. Nr 6.

Kongl. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1906—1907.

1906, d. 10 oktober:

Herr Bäcklund redogjorde för sin afhandling: »Om kroppars lösning och därmed närmast förvandta företeelser», hvilken afhandling skulle införas uti sällskapets Linné-festskrift.

Herr Murbeck lämnade en framställning öfver Pterantheernas morfologi och skulle hans afhandling härom inflyta uti festskriften.

1906, d. 14 november:

Herr Berggren höll föredrag om Nya Zeelands Frullanier.

Herr Moberg refererade en af honom och d:r Segerberg författad afhandling: »Bidrag till kännedomen om ceratopygeregionen med särskild hänsyn till dess utveckling i Fogelsångstrakten».

Herr Ramberg redogjorde för sin metod för framställning af α-brompropionsyrans optiskt aktiva former.

1906, d. 3 december:

Herr Fürst skildrade med anledning af dagens Retzius-minnesfest i ett längre föredrag Anders Jahan Retzius' lif och verksamhet och dröjde särskildt vid hans förhållande till Fysiografiska Sällskapet, som haft uteslutande hans kraftiga initiativ och rastlösa ihärdighet att tacka för sin uppkomst och första utveckling.

1906, d. 12 december:

Herr Weibull omtalade manganhaltigt vatten och en brunstensbildning från Björnstorp i Skåne och skulle hans undersökningar härom införas i Sällskapets Handlingar.

Herr Bang lämnade en redogörelse för glykogenomsättningar i kaninlefvern under växlande förhållanden.

1907, d. 13 februari:

Herr Jönsson refererade en afhanling af docent Lidforss med titeln: »Die wintergrüne Flora, eine biologiscshe Studie», hvilken afhandling skulle ingå i Sällskapets Handlingar.

Herr Fürst talade om Kilian Stobæus d. ä. och hans brefväxling, och skulle hans afhandling härom införas i Sällskapets Handlingar.

1907, d. 13 mars:

Herr Hennig höll föredrag om »Mamilatus-krita direkt öfverlagrad af Mucronata-krita».

Herr Bäcklund höll föredrag om den på de allmänna lagarne för värmets fortplantning genom ledning grundade uppskattningen af jordens ålder.

Herr Bäcklund redogjorde därefter för en till Sällskapets Handlingar inlämnad afhandling af docent Oseen: »Om Dirichlets problem vid värmeledningsekvationer».

1907, d. 10 april:

Herr Rydberg höll föredrag om grundämnenas ordningstal och valenser.

Herr Borelius talade om behandling af sten i koledokus.

Herr Ramberg redogjorde för platoetyltioglykolat och dess halogenväteadditionsprodukter.

1907, d. 8 maj:

Herr Broman föredrog om grodspermiernas byggnad och utveckling.

mineralbasernas funktioner i de högre växterna, af *A. Romanus.* Om cyperaceerna, inbjudning till filosofie doktorspromotionen d. 31 maj 1897, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1896—97. — **Bd. 9.** Der Fettgehalt der Moose, von *B. Jönsson* und *E. Olin.* Elektrische und magnetische Theorien, von *A. V. Bäcklund.* Några konsekvenser af Webers lag för elektriska massor, tillämpad på materiella punkter, af *C. Delin.* Iakttagelser öfver tillväxtriktningen hos mossorna, af *B. Jönsson.* Grunddragen af en kometteori, af *J. R. Rydberg.* Kullens kristalliniska bergarter. 1. Den prekambriska Granitit-, Banatit-, Hypersthengabbroserien, af *A. Hennig.* Contributions à la connaissance des Primulacées-Labiées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1897—98. — **Bd. 10.** Researches into the Monograptidæ of the Scanian Rastrites beds, by *S. L. Törnqvist.* Om egendomliga innehållskroppar hos bromeliaceerna, af *G. Wallin.* Contribution à la connaissance des Plombaginées-Graminées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck.* Analecta algologica, continuatio V, auct. *J. G. Agardh.* Kullens kristalliniska bergarter. 2. Den postsiluriska gångformationen, af *A. Hennig.* Studien über Rheotropismus bei den Keimwurzeln der Pflanzen. I. Allgemeine Untersuchungen, von *A. Berg.* Tafeln zur Berechnung der Präcession zweiter Ordnung für 1900,0, von *A. A. Psilander.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1898—99. — **Bd. 11.** Contributions à la connaissance des Graminées-Polypodiacées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie avec un appendice, par *S. Murbeck.* Studier öfver ciliata infusorier, IV, af *H. Wallengren.* Bidrag till kännedomen om botulismens bakteriologi, af *I. Forssman.* Bidrag till den tuberkulösa pleuritens patologiska anatomi, af *E. Wadstein.* Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slägte bland palæonemertinerna, af *D. Bergendal.* Zur Theorie der relativ-Abelschen Zahlkörper, von *A. Wiman.* Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck.* Hülfstafeln zur Berechnung der säkularen Störungen der kleinen Planeten, von *G. Noréen* u. *S. Raab.* Ueber das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis (L.) Scop. und das Wesen der Chalazogamie, von *S. Murbeck.* Malaria och Mosquitos, inbjudning till medicine-doktorspromotionen den 31 maj 1900, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1899—1900. — **Bd. 12.** Fall af traumatiskt uppkommen ryggmärgsaffektion, af *Karl Petrén.* Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slägte bland palæonemertinerna, kapitl. 6—11 (Fortsättning), af *D. Bergendal.* Contributions to the astronomical theory of an Ice age, by *C. V. L. Charlier.* Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser, af *B. Lidforss.* Researches into the graptolites of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, by *S. L. Törnqvist.* Zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung des Thallus bei den Desmarestieen, von *B. Jönsson.* Bidrag till teorien för vågrörelse i strömmar, af *C. W. Oseen.* Utgräfningarne af Tycho Brahes observatorier på ön Hven sommaren 1901, festskrift i anledning af 300-årsdagen af Tycho Brahes död, af *C. V. L. Charlier.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1900—1901. — **Bd. 13.** Die ersten Entwicklungsstadien der Keimpflanze bei den Succulenten, von *B. Jönsson.* Über Anomalien im Baue des Nucellus und des Embryosackes bei parthenogenetischen Arten der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck.* Studien über Nemertinen, II. Valencinura bahusiensis, Bgdl, ein Beitrag zur Anatomi und Systematik der Heteronemertinen, von *D. Bergendal.* Termoelektrisk Hysteresis, af *A. Upmark.* Bidrag till Bornholms fossila flora, Pteridofyter, af *Hj. Möller.* Zur Kenntnis des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen, von *B. Jönsson.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1901—1902. — **Bd. 14.** Der Musculus popliteus und seine Sehne, von *C. M. Fürst.* Studien über Nemertinen, III. Beobachtungen über der Bau von Carinoma Oudemans nebst Beiträgen zur Systematik der Nemertinen, von *D. Bergendal.* Fysikens utveckling till allmän tillståndslära. Inbjudning till filosofie doktorspromotionen den 29 maj 1903, af *J. R. Rydberg.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1902—1903. — **Bd. 15.** Zur Kenntnis der Histogenese und des Wachsthums der Retina, von *C. M. Fürst.* Researches of the graptolites of the lower zones of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, II, by *S. L. Törnqvist.* Zur Theorie der mehrdeutigen automorphen Funktionen, von *T. Brodén.* Om det osmotiska trycket, af *A. V. Bäcklund.* Ueber den feineren Bau des Visceralganglions von Anodonta, von *T. Freidenfelt.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1903—1904. — **Bd. 16.** Om sammanhanget mellan osmotiskt och elektriskt tryck, af *A. V. Bäcklund.* Zur Biologie der Muscheln. I. Die Wasserströmungen, von *H. Wallengren.* Zur Biologie der Muscheln. II. Die Nahrungsaufnahme, von *H. Wallengren.* Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, par *S. Murbeck.* Researches into the theory of probability, by *C. V. L. Charlier.* Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser. II, af *B. Lidforss.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1904—1905. — **Bd. 17.** Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, (Suite), par *S. Murbeck.* Om den afrikanska recurrensfebern, dess orsaker och utbredningssätt, af *S. Ribbing.* Om de Chasmopskalken och Trinucleusskiffern motsvarande bildningarne i Skåne, af *E. Olin.* Om kroppars lösning och därmed närmast förvandta företeelser, af *A. V. Bäcklund.* Die Chininbehandlung der Malariakrankheiten und ihre Methodik, af *S. Ribbing.* Bidrag till Pterantheernas morfologi, af *S. Murbeck.* Bidrag till kännedomen om ceratopygeregionen, med särskild hänsyn till dess utveckling i Fogelsångstrakten, af *J. Chr. Moberg* och *C. O. Segerberg.* Om några Ginkgoväxter från kolgrufvorna vid Stabbarp i Skåne, af *A. Nathorst.* Ett manganhaltigt vatten och en brunstensbildning vid Björnstorp i Skåne, af *M. Weibull.* Tal vid Kongl. Fysiografiska sällskapets i Lund minnesfest den 3 december 1906 öfver dess stiftare Anders Jahan Retzius, af *C. M. Fürst.* Kilian Stobæus d. ä. och hans brefväxling, af *C. M. Fürst.* Om Dirichlets problem vid värmeledningsekvationer, af *C. W. Oseen.* Die wintergrüne Flora, af *B. Lidforss.* Die Vesicarius-Gruppe der Gattung Rumex, af *S. Murbeck.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1905—1906.

Lunds Universitets Årsskrift. N. F. Afd. 2. Bd 3.

K. Fysiografiska Sällskapets Handlingar. N. F. Bd 18.

Pris kr. 12:00.

Innehåll:

De närmast föregående bandens innehåll: se omslagets 2 och 3 sida.

Hvarje afhandling säljes särskildt.



ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS

NOVA SERIES

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AFDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNEN

IV

1908

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XIX)

LUND 1908—09
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI
DISTRIBUERAS GENOM C. W. K. GLEERUPS FÖRLAG I LUND

ACTA REGIÆ SOCIETATIS PHYSIOGRAPHICÆ LUNDENSIS

KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR

NY FÖLJD

XIX

1908

(LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. AFD. 2. BD 4)

LUND 1908—09
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI
DISTRIBUERAS GENOM C. W. K. GLEERUPS FÖRLAG I LUND

Innehåll:

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 4. Nr 1.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 1.

UEBER KINOPLASMATISCHE VERBINDUNGSFÄDEN ZWISCHEN ZELLKERN UND CHROMATOPHOREN

VON

BENGT LIDFORSS



LUND 1908
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Mit den folgenden Zeilen beabsichtige ich einen kleinen Beitrag zur Morphologie der Pflanzenzelle zu liefern. Es handelt sich um gewisse Differenzierungen in den Protoplasten vegetativer Zellen, welche nicht selten, wenigstens teilweise, intra vitam gut sichtbar sind, die aber bei Behandlung mit den meisten üblichen Fixirmitteln entweder gar nicht oder doch nur in mehr oder weniger destruirtem Zustande konservirt werden. Die betreffenden Differenzierungen präsentiren sich als eine Art Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chromatophoren, und zwar erscheinen sie entweder als direkte *Kernfortsätze,* die als feine Ausläufer des in diesem Falle meistens bipolaren Kernes das Cytoplasma durchsetzen, oder sie sind Ausläufer *der Kernmembran,* die als eine erythrophile Hülle die grösstenteils kyanophile Grundmasse des Kerns umgiebt. In beiden Fällen würde man also diese Gebilde nach der STRASBURGERschen Terminologie als *kinoplasmatische* Fasern bezeichnen.

Die betreffenden Structurverhältnisse fesselten meine Aufmerksamheit schon von Jahren, als ich plasmolytische Bestimmungen mit den chloroplastführenden Epidermiszellen verschiedener wintergrünen Pflanzen vornahm. Bei scharfer Einstellung konnte ich bei *Pyrola, Bellis, Aucuba* u. s. w., in vielen Fällen, besonders wenn die Protoplasten ein wenig beschädigt waren, direkt sehen, wie sich der Kern — meistens bipolar, aber stellenweise auch seitlich — in Ausläufer fortsetzte, welche teilweise blind im Hyaloplasma zu endigen schienen, teilweise aber mit den Chloroplasten in Verbindung traten. Auch konnte man unter Umständen recht deutlich wahrnehmen, wie die Chloroplasten in solchen Zellen durch dünne Fäden mit einander in Verbindung standen. Als ich aber versuchte, diese Verbindungsfäden durch Überführung der Schnitte in abs. Alkohol zu fixiren, misslang dies in der Regel vollständig: die Fäden schrumpften zusammen und wurden bald bis zur Unkenntlichkeit desorganisirt. Nicht viel besser erwiesen sich die anderen in der botanischen Mikroteknik eingebürgerten Fixirungsmittel; sogar das FLEMMINGsche Gemisch versagte in den meisten Fällen, so dass ich die allmähliche Auflösung und Desorganisation der während der ersten Sekunden oder Minuten sehr deutlich sichtbaren Verbindungsfäden verfolgen konnte. Meistens konnte ich dann auch die Wahrnehmung machen, dass der im lebenden Zustande längliche, bipolar zugespitzte Zellkern sich zu einem rundlich-ovalen, grobgranulirten und von einer scharf abgesetzten Membran umgebenen Körper verwandelte.

Nur durch kurze Behandlung mit *Osmiumsäuredämpfen*, deren vorzügliche Wirkung ich vorher an Pollenschläuchen kennen gelernt hatte, und durch nachträgliche Überführung in steigenden Alkohol war es möglich, die betreffenden Strukturen postmortal einigermassen zu erhalten. In dieser Weise ist es mir in den meisten der untersuchten Fälle gelungen, ziemlich gute Resultate zu bekommen. Indessen beschränkt sich meine Untersuchung auf eine verhältnismässig geringe Anzahl von Gefässpflanzen, die allerdings ohne Auswahl den verschiedensten Familien entnommen sind und deshalb eine ziemlich adäkvate Vorstellung von den einschlägigen Verhältnissen geben dürften. Bevor ich zur Besprechung der von mir angewandten Fixirungsmetode und der in dieser Weise gewonnenen Resultate übergehe, dürfte es angemessen sein, die in der Litteratur nach dieser Richtung hin vorhandenen Angaben, sofern sie sich auf die vegetativen Zellen der höheren Pflanzen, an dieser Stelle zu berücksichtigen.

Dass der Zellkern durch besondere, gegen das übrige Cytoplasma abgegrenzte Kinoplasmafäden mit dem Hyaloplasma in Verbindung stehe, hat STRASBURGER schon vor mehreren Jahren *vermutungsweise* ausgesprochen [1]), ohne indessen diese Hypothese durch cytologische Befunde stützen zu können. Eine reale Basis gewann die von STRASBURGER geäusserte Vermutung eigentlich erst durch die Beobachtungen MIEHE's an Epidermiszellen von *Hyacinthus orientalis* [2]). An Material, das mit FLEMMINGscher Flüssigkeit fixirt und mit dem Safranin-Gentianaviolett-Gemisch gefärbt war, konnte MIEHE feststellen, dass der Zellkern dieser Zellen meistens in 3—4 Zipfel ausgezogen ist, in denen zunächst noch chromatische Nukleinkörnchen zu bemerken sind, so dass sie sich noch als zum Kern gehörig erweisen; allmählich werden jedoch, in dem Masse als sich die Zipfel verlängern, die Körnchen seltener, bis schliesslich in den Fäden gar keine mehr enthalten sind, der Kern also unmerklich in die kinoplasmatischen Fasern übergegangen ist. MIEHE stellte ausserdem fest, dass diese Fasern bis zur Hautschicht verlaufen, und dass die spindelförmige Gestalt des Zellkerns bei der allmählichen Streckung der Zelle als Zwangsform zustande kommt; deshalb nennt er die Fäden »kinoplasmatische Aufhängefäden».

Es lässt sich kaum bezweifeln, dass entsprechende Gebilde auch von älteren Autoren gelegentlich beobachtet worden sind. Besonders hat HABERLANDT in seiner vor zwanzig Jahren erschienenen Arbeit »Über die Beziehungen zwischen Function und Lage des Zellkernes bei den Pflanzen» [3]) einige Bilder (Taf. I Figg. 58 und 59.) mitgeteilt, die sich offenbar auf ähnliche Strukturverhältnisse wie die von MIEHE geschilderten beziehen, die aber nach HABERLANDT's Ansicht nicht auf einem activen Gestaltungsstreben des Kernes beruhen, sondern auf »einer Wirkung der passiven Zerrungen, welche die zähflüssige Kernmasse seitens des strömenden Plasmas

[1]) STRASBURGER, Ueber Cytoplasmastrukturen, Kern- und Zellteilung, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXX p. 384.

[2]) H. MIEHE, Histologische und experimentelle Untersuchungen über die Anlage der Spaltöffnungen einiger Monokotylen, Bot. Centralblatt Bd. LXXVIII (1899).

[3]) Jena 1887.

erfährt». Haberlandt meint deshalb, dass jene Abweichungen von der typischen Form der pflanzlichen Zellkerne mit deren Funktion in keinem Zusammenhange stehe [1]).

Aus den letzten zehn Jahren, die seit der Veröffentlichung der Miehe'schen Arbeit verflossen sind, liegen nur wenige Angaben vor, die mit den uns interessirenden Structurverhältnissen in Verbindung gebracht werden könnten. In den Embryosackmutterzellen verschiedener *Liliacéen* beobachteten Mottier [2]) und Bouin [3]) eigentümliche fädige Differenzirungen im Cytoplasma, welche entweder eine Art Filz resp. eine dichtere Zone im Umkreis des Kerns bildeten, oder als deutlich sichtbare Massen von dicken fast parallel verlaufenden oder in mehreren Richtungen ausstrahlenden Fäden hervortraten. Ahnliche cytoplasmatische Structuren soll Dixon bei *Lilium longiflorum* beobachtet haben, obwohl er sie als Spindeln angesehen hat, was sie nach Mottier sicherlich nicht sind. Offenbar handelt es sich in diesen Fällen um solche kinoplasmatische Structuren, welche ich besonders schön bei *Tulipa silvestris* und anderen *Liliacéen* beobachtet habe [4]) und die schon vorher von Guignard und Rosen [5]) bei verschiedenen Liliacéen gesehen wurden. Ob diese in Embryosackmutterzellen und meristematischen Geweben temporär auftretenden Differenzirungen mit den in dieser Arbeit beschriebenen Structuren homologisirt werden können, wage ich nicht zu entscheiden, halte es aber nicht für unwahrscheinlich; u. A. könnte der Umstand, dass die betreffenden fädigen Structuren in den Embryosackmutterzellen — wenigstens in den von mir untersuchten Fällen — nur mit Osmiumsäurehaltigen Fixirmitteln (Flemmings Gemisch) erhalten werden, für eine derartige Annahme sprechen. Auch die von Juel [6]) in den Embryosackmutterzellen von *Larix sibirica* beschriebenen faserigen Plasmapartien gehören, wie der Autor selbst hervorhebt, offenbar in dieselbe Kategorie wie die von Mottier, Bouin und Dixon beobachteten Structuren.

In allen diesen Fällen handelt es sich von faserigen Structuren im Cytoplasma, die meistens gewisse lokale Beziehungen zum Zellkern resp. zur Kernmembran zeigen, die aber nicht als Kernfortsätze oder Ausläufer von Zellkern aufgefasst werden können. Das nämliche gilt auch von der Mehrzahl der von Nemec [7]) beschriebenen »reizleitenden Structuren», die, wenigstens nach dem Text und den Abbildungen zu urteilen, des öfteren mit dem Kern in Berührung treten,

---

[1]) l. c. p. 126.

[2]) Mottier, Ueber das Verhalten der Kerne bei der Entwickelung des Embryosacks und die Vorgänge bei der Befruchtung, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. XXXI p. 126.

[3]) Ref. Botan. Centralblatt Bd. LXXX p. 225—226 (von Nemec).

[4]) Lidforss, Zur Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, Acta Reg. Soc. Physiograph. T. VIII (1897) p. 10 u. ff.

[5]) Vgl. Rosen, Beiträge zur Kentnis der Pflanzenzellen III, Cohns Beiträge zur Biol. der Pflanzen Bd. VII S. 249 ff. und die dort citirte Litteratur.

[6]) Juel, Beiträge zur Kentnis der Tetradenteilung, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXV p. 634.

[7]) Nemec, Die Reizleitung und die reizleitenden Structuren bei den Pflanzen, Jena 1901.

im allgemeinen aber nicht Kernfortsätze im Sinne MIEHE's darstellen. Nach NEMEC sollen diese Gebilde, die im Plasma der meristemtischen Zellen in der Nähe der Vegetationspunkte besonders stark ausgebildet sind, aus zahlreichen homogenen Fäden zusammengesetzt sein, die von einer dichten granulären Plasmascheide eingehüllt sind; letztere reagirt nach NEMEC kyanophil, während die homogene Fibrillen-Subztanz erythrophil erscheint. Nach HABERLANDT, welcher die betreffenden Structuren zunächst für Kinoplasmafasern im Sinne STRASBURGERS gehalten hatte [1], sind die NEMECschen Plasmafibrillen identisch mit den schon von anderen Forschern beschriebenen längsfaserigen Structuren strömenden Plasmas, also nicht kinoplasmatisch [2]. Nach dem KOERNICHE [3]) kurz darauf erklärt hatte, dass »eine Anzahl in den cytologischen Untersuchungsmethoden sehr bewanderter Forscher nicht imstande war, in ihren Präparaten Plasmafibrillen in der Ausbildung wie sie NEMEC beschreibt und abbildet, zu erhalten», scheint man im Allgemeinen über die NEMEC'schen Fibrillen zur Tagesordnung übergegangen zu sein. Ich werde in Folgenden auf diese Verhältnisse zurückkommen, glaube aber schon jetzt hervorheben zu sollen, dass ich die Richtigkeit der HABERLANDTschen Deutung für die von ihm untersuchten Objekte keineswegs bezweifle, dass es aber unter den von NEMEC untersuchten Fällen einige giebt, wo es sich tatsächlich um kinoplasmatische Kernausläufer handelt, die mit den von MIEHE für *Hyacinthus* beschriebenen homolog sind, und die also auch zu der in dieser Arbeit behandelten Kategorie von Gebilden gehören. Dagegen muss ich dahingestellt lassen, ob die eigentümlichen amöboidähnlichen Kernfortsätze, welche W. MAGNUS [4]) in den pilzverdauenden Zellen bei *Neottia* und K. SHIBATA [5]) in den entsprechenden Elementen bei *Psilotum* entdeckt haben, mit den uns interessirenden Gebilden verwandt sind.

In allen diesen Fällen handelt es sich aber um faserige Differenzirungen, die eventuell mit dem Kern oder mit dem Hyaloplasma oder mit beiden in Verbindung stehen, die aber keine Beziehungen zu den Chromatophoren besitzen. Über morphologische Beziehungen zwischen dem Zellkern und den Chromatophoren sind die Angaben sehr spärlich, und die wenigen, welche vorhanden sind, finden sich fast ausschliesslich in der älteren Litteratur aus der — sit venia verbo — vormikrotomischen Zeit. So hat schon PRINGSHEIM [6]) gesehen, dass bei den *Spirogyren* die vom Zellkern ausstrahlenden Plasmafäden sich mit ihren Enden stets an

---

[1]) HABERLANDT, Ueber Reizleitung im Pflanzenreich, Biolog. Centralblatt Bd. XXI, 1901, S. 369 ff. Dagegen NEMEC, Die Bedeutung der fibrillären Structuren bei den Pflanzen, Biolog. Centralbl. Bd. XXI, S. 529 ff.

[2]) HABERLANDT, Ueber fibrilläre Plasmastructuren, Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Bd. XIX, 1901, S. 569 ff.

[3]) M. KOERNICKE, Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung, Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XXI, 1903, S. (80—81).

[4]) W. MAGNUS, Studien an der endotrophen Mycorrhiza von Neottia nidus avis, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXV (1900).

[5]) K. SHIBATA, Cytologische Studien über die endotrophen Mycorrhizen, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXVII (1902).

[6]) Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XII, S. 304, Taf. XXIV, Fig. 4.

die Amylumherde der Chlorophyllbänder ansetzten. Dass »lokale Beziehungen» zwischen den Kernen und Chromatophoren in gewissen Fällen vorhanden sind haben auch SCHIMPER [1]) und SCHMITZ betont, ohne indessen morphologische Beziehungen namhaft zu machen. Erst bei HABERLANDT findet man für die höheren Pflanzen Angaben, welche den von PRINGSHEIM für Spirogyra gemachten entsprechen, aber auch hier handelt es sich nur um einen bestimmten, allerdings sehr bemerkenswerten Einzelfall. In der zweiten Auflage seiner Physiologischen Pflanzenanatomie (von 1896) giebt HABERLANDT eine schöne Abbildung von einer peripher gelegenen Parenchymzelle einer ergrünenden Kartoffelknolle, wo vom Kern aus feine Plasmafäden nach den Chloroplasten hinausstrahlen; in der letzten Auflage der Physiologischen Pflanzenanatomie (1904) wird dieselbe Figur wieder reproduzirt [2]) und die betreffenden, übrigens nur gelegentlich beobachteten Structurverhältnisse mit denjenigen bei *Spirogyra* verglichen; dagegen wird von analogen Befunden bei höheren Pflanzen nichts erwähnt.

Wie ich im Folgenden zu zeigen versuchen werde, sind diese von HABERLANDT gesehenen gegen die Chloroplasten hinausstrahlenden Plasmafäden insofern den MIEHEschen »Aufhängefasern» homolog, als sie tatsächlich direkte Fortsätze der Kernmembran darstellen und in ihrem Verhalten gegen Farbstoffe auch mit der Kernwandung übereinstimmen; ausserdem finden sich in der Hyacinthenzwiebel sehr schön ausgebildete Verbindungsfäden, die einerseits mit den in den Epidermiszellen vorhandenen kinoplasmatischen Fasern, andererseits mit den von HABERLANDT in der Kartoffel beobachteten Plasmafäden übereinstimmen. Übrigens ist es sicher kein Zufall, dass wir die wenigen diesbezüglichen Angaben in erster Linie HABERLANDT verdanken; dies beruht vermutlich nicht nur auf der anerkannten Beobachtungsgabe dieses Forschers, sondern auch darauf, dass HABERLANDT zu den nicht besonders zahlreichen Phytotomen gehört, die nicht ausschliesslich mit Mikrotom arbeiten. Die zarten Structurverhältnisse, auf die es hier ankommt, ertragen nämlich in vielen Fällen gar nicht die Paraffineinbettung, auch wenn dieselbe mit möglich grösster Vorsicht vorgenommen wird, und auch da, wo dies Verfahren angewendet werden kann, erhält man in der Regel ohne Mikrotom und Paraffineinbettung die besten Resultate [3]).

Schliesslich erlaube ich mir die Bemerkung dass, die in WARMING-JOHANNSEN's Lehrbuch der allgemeinen Botanik S. 125 vorhandene Angabe, nach welcher »von der Kernwandung oft strangartige Fortsätze ausgehen welche gleichsam den Kern

---

[1]) SCHIMPER, Untersuchungen über Chlorophyllkörper etc., Jahrb. f. wissensch. Botanik Bd. XVI p. 205—210, wo auch die von SCHMITZ erwähnten Fälle berücksichtigt werden. Vgl. auch HABERLANDT, Function und Lage des Zellkernes p. 117—122.

[2]) l. c. p. 241.

[3]) Selbstverständlich liegt es dem Verfasser vollständig fern, mit diesen Worten irgendeiner mikrotomfeindlicher Gesinnung Vorschub leisten zu wollen; es handelt sich nur um gewisse konkrete Fälle, wo die Mikrotomtechnik sich weniger geeignet erweist.

mit den äusseren Hautschichten des Cytoplasma oder mit verschiedenen anderen besonderen Organen in der Zelle z. B. den Chromatophoren verbinden» sich im letzten Punkte, wie auch im Text des Lehrbuchs angedeutet wird, auf Kentnisnahme einiger von meinen Präparaten gründet, die ich schon vor etwa sieben Jahren den dänischen Forschern bei einem gelegentlichen Besuche in Lund demonstriren konnte.

Nach dieser vorläufigen Orientirung werde ich zuerst die von mir benutzte Fixirungsmethode mitteilen und dann die in dieser Weise gemachten speciellen Beobachtungen vorlegen.

Methodisches.

Die von mir mit grossem Vorteil benutzte Fixirungsmethode ist sehr einfach und gestaltet sich folgendermassen. Dünne, aus der Hand gemachte Schnitte werden mit der Pincette angefasst und *5—15 Sekunden* unmittelbar oberhalb einer 2-prozentigen Osmiumsäurelösung gehalten. Am besten macht man dies in einer nur zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllten Flasche, die während der Operation horisontal oder schief gehalten wird. Dann werden die Schnitte rasch in 10-prozentigen Alkohol gebracht und mit Intervallen von anfangs 2—5 Minuten, später von etwas längerer Dauer in 15—20—25—30-prozentigen u. s. w. bis zum absoluten Alkohol hinauf, wo sie schliesslich 12—24 Stunden verweilen. Nach erfolgter Härtung werden die Schnitte wieder durch niedrigere Alkoholkonzentrationen in reines Wasser überführt und dann in später zu besprechender Weise gefärbt, eingeschlossen und aufbewahrt.

Durch diese Fixirungsmethode werden die uns interessirenden Structurverhältnisse meistens in vorzüglicher Weise konservirt. Die gute Wirkung der Osmiumsäure beruht offenbar einerseits auf der bekanntlich sehr grossen Schnelligkeit, womit die Osmiumsäure als gasförmige und lipoidlösliche Substanz in das Plasma hineindringt; man kann dies leicht ad oculos demonstriren, wenn man Schnitte, welche gerbstoffhaltige Zellen enthalten, in die Osmiumatmosphäre hineinführt: der Zellsaft der betreffenden Zellen wird schon in 1—2 Sekunden gebläut, meistens scheidet sich bald ein dunkler Niederschlag ab. Andererseits hat die Osmiumsäure, worauf zuerst Bethe und Mönckenburg[1]) aufmerksam gemacht haben, eine ganz eigentümliche Einwirkung auf Eiweissstoffe, indem diese nicht koagulirt werden, sondern im Gegenteil bei längerer Einwirkung der Osmiumsäure zu einer nicht koagulirbaren Substanz oxydirt werden. Bei so kurzdauernder Einwirkung wie in diesem Falle — 5—15 Sekunden — wird dieser Zustand nicht erreicht, immerhin wird aber die Quellbarkeit der plasmatischen Eiweissstoffe in einer besonderen

[1]) Bethe und Mönckenburg, Die Degeneration der markhaltigen Nervenfasern der Wirbeltiere unter hauptsächlicher Berücksichtigung des Verhaltens der Primitivfibrillen. Arch. f. mikroskop. Anatomie, Bd. 54, 1899.

Weise verändert; denn tatsächlich werden bei nachträglicher Überführung in Alkohol nicht nur die ursprüngliche Form des Zellkerns, sondern auch die von ihm ausstrahlenden Fasern nach Vorbehandlung mit Osmiumsäure meistens auffallend gut erhalten, während dies ohne solche Vorbehandlung nur ausnahmsweise gelingt.

Bei der Nachbehandlung mit Alkohol muss darauf geachtet werden, dass die Schnitte nicht zu lange in den niedrigen Konzentrationen verweilen, weil die Verbindungsfasern bei längerem Aufenthalt in verdünntem Alkohol aufgelockert und gelöst werden; mehr als fünf Minuten ist nicht zu empfehlen, wenn die Alkoholkonzentration noch unter 50 % liegt. Andererseits darf die Überführung durch Alkohol nicht zu rasch gehen, weil sonst sehr leicht Risse sowohl im dünnen Plasmaschlauch wie im Zellkern entstehen können. In manchen Fällen hat es sich herausgestellt, dass der Sprung von 10 zu 20, 30-prozentigen Alkohol u. s. w. ohne Nachteil gemacht werden kann; ebenso habe ich unter Umständen ganz gute Bilder bekommen, wenn ich die Schnitte nach der Behandlung mit Osmiumsäure direkt in 30—40-prozentigen Alkohol und dann in gewohnter Weise weiter nach oben übertrug. Aber im Allgemeinen erwies es sich als das zuverlässigste, den langsamen Weg der allmählich von 10, 15 % u. s. w. ansteigenden Überführung zu gehen, und zwar wurde meistens ein Aufenthalt von c:a 3 Minuten in jeder der unter 50 % befindlichen Lösungen als der günstigste befunden.

Uebrigens habe ich das jetzt geschilderte Verfahren versuchsweise in verschiedener Weise variirt und besonders den Alkohol durch schärfer fixirenden Flüssigkeiten zu ersetzen gesucht. In dieser Weise habe ich die meisten üblichen Fixagen wie das FLEMMINGsche, HERMANNsche, KEISERsche, CARNOYsche Gemisch sowie Alkohol-Eisessig in den verschiedensten Konzentrationen geprüft, ohne indessen so gute, geschweige denn bessere Resultate als mit Alkohol allein zu bekommen. Gar oft traten in den ersten Augenblicken der Einwirkung eines bestimmten Fixirungsmittel die intra vitam nur undeutlich zu sehenden Structuren mit überraschender Schärfe und Klarheit hervor, allein dieser Zustand änderte sich bald, indem die Fäden undeutlich kontourirt wurden und in einen körnigen Zerfall gerieten, während der Kern unter Bildung einer scharf abgesetzten Membran eine mehr weniger rundliche Form annahm. Dass man in besonders glücklichen Fällen mit einigen von den oben erwähnten Fixagen brauchbare Bilder erhalten kann, soll indessen nicht bestritten werden, und geht ja schon aus der eingangs erwähnten Arbeit von MIEHE hervor. Doch habe ich derartige Erfahrungen nur mit FLEMMINGschen und HERMANNschen Gemisch sowie mit Sublimatalkohol gemacht, und auch mit diesen Fixagen relativ selten.

Durch die jetzt gemachten Erörterungen ist die Frage, in wiefern die hier zu behandelnden Structuren als *Artefacte* gedeutet werden können, schon zum guten Teil erledigt. In jedem konkreten Falle habe ich nämlich die intra vitam zu sehenden Structurverhältnisse mit möglich grösster Genauigkeit verfolgt, und dann die Einwirkung der Chemikalien so weit möglich direkt unter dem Mikroskop verfolgt. In Bezug auf Artefacte wäre ja in erster Linie an die bekannten Sonnen-

strahlungen zu denken, die ALFRED FISCHER durch Einwirkung von Osmiumsäure auf Albumoselösungen erhalten und die er in seinem Buche über »Fixiring, Färbung und Bau des Protoplasmas» ausführlich geschildert hat. Allein schon der Umstand, dass der Zellkern, eben wie es MIEHE für *Hyacinthus* geschildert hat und wie ich in vielen anderen Fällen gefunden, ohne scharfe Grenzen kontinuirlich in die betreffenden Fäden übergeht, spricht entschieden gegen eine solche Deutung unserer Gebilde. In einigen Fällen sieht man übrigens in lebenden Zellen die vom Kerne ausgehenden Fäden ungefähr mit der gleichen Deutlichkeit wie der Kern selbst.

In Bezug auf das Färbeverfahren kann ich mich ziemlich kurz fassen. Die entschieden besten Färbungen erhielt ich mit der ZIMMERMANNschen Fuchsin-Jodgrün-Methode [1]) (oder Fuchsin-Methylgrün nach der selben Vorschrift). Sollten die Schnitte in Glyceringelatine aufbewahrt werden, so lies ich das rotblaue Gemisch nur kurze Zeit, 1—3 Minuten, einwirken, wusch dann mit Wasser aus und übertrug in Glycerin-Gelatine. Sollte dagegen Canadabalsam als Einschlussmittel verwendet werden, so musste die Farbstofflösung viel länger, 10—15 Minuten, einwirken, und die Ueberführung in Canadabalsam geschah dann meistens durch 50 % Jodalkohol, abs. Jodalkohol, Alkohol-Chloroform, Chloroform und Canadabalsam. Der Umstand, dass die Zellen mit gut fixirten Protoplasten immer von intakten Cellulosewänden umschlossen waren, erwies sich aber für die Uebertragung in Canadabalsam sehr unvorteilhaft, wenn es auch unter Umständen gelang, in dieser Weise ganz hübsche Präparate zu bekommen.

Was die Färbung sonst betrifft, so sind bekanntlich eben die osmirten Kerne als sehr schlecht färbbar verrufen. Bei so kurzdauernder Osmiumbehandlung wie sie hier zur Verwendung gelangte, machte sich dieser Umstand nicht besonders fühlbar; wenigstens erwiesen sich z. B. die Liliacéen-Kerne fast durchgängig als sehr gut tinktionsfähig, wenn sie den Alkohol passirt hatten. In anderen Fällen erwies sich eine Nachbehandlung mit schwefliger Säure nach den Vorschriften von BETHE und MÖNCKENBURG als recht vorteilhaft. Grössere Gerbstofffällungen, welche für die Beobachtungen hinderlich sein würden, suchte ich durch nachträgliche Behandlung mit Wasserstoffsuperoxid zu entfernen, was indessen nicht immer gelang.

Die mit Fuchsin-Jodgrün erhaltene Differenzirung gestaltete sich meistens so, dass die Hauptmasse des Kerns sich schön blau tingirte, die Nucleolen rot, die Kernmembran und die von ihr ausgehenden Fäden ebenfalls rot. Letztere Färbung nahmen immer die Chloro- und Leukoplasten an, ebenso eventuel vorhandene Elaioplasten *(Haemanthus)*.

Recht gute Differenzirungen bekam ich unter Umstanden mit RENAULT's Hämatoxylin-Eosin, wobei die Hauptmasse des Kerns violett, die Kernmembran, Ausläufer und Chromatophoren ziegelroth tingirt wurden. Diese Färbung gelang aber lange nicht so allgemein wie die mit Fuchsin-Jodgrün. Mit der sonst so beliebten Safranin-Gentianaviolett-Orange-Verfahren bekam ich selten befriedigende

[1]) Vgl. ZIMMERMANN, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, Bd. II, Heft 1, S. 5.

Resultate, was zweifelsohne in erster Linie durch die Cellulosemembranen verschuldet wurde. Dagegen lieferte die Färbung mit Gentianaviolett nach GRAM in manchen Fällen gute Bilder, wobei die Kernausläufer deutlich violett wurden.

Versuche die betreffenden Structuren durch Vitalfärbung sichtbar zu machen schlugen fehl. Dagegen konnte man in gewissen Fällen den Kern mit seinen Ausläufern etwas deutlicher sehen, wenn der Zellsaft durch Aufnahme von sehr verdünnter Dahlialösung vorher violett gefärbt worden.

Im übrigen sind die hier zu behandelnden Structuren meistens schon bei mässiger Vergrösserung (etwa Objektiv VII von Leitz) zu sehen, allerdings oft erst bei guter Beleuchtung mit Auerlicht.

Specielle Beobachtungen.

Dikotyledones.

Ranunculus Lingua.

(Fig. 1—4.)

Als Untersuchungsmaterial diente hauptsächlich die wintergrünen, submers kriechenden Rhizome, doch wurden nebenbei auch die aufrechten Sommersprosse untersucht.

Beobachtungen am lebenden Material:

In den Epidermiszellen des Stengels sind nur spärliche, ziemlich kleine Chloroplasten vorhanden, im subepidermalen Parenchym finden sich dagegen grosse, zahlreiche, oft in Längsreihen angeordnete Chlorophyllkörper, die im November—Dezember durch erhebliche Stärkeeinschlüsse beulenartig aufgetrieben sind. In lebenden Zellen erblickt man den Zellkern als einen relativ grossen, meistens bipolar gebauten, spindelförmigen Körper, der sich an den mittleren Seitenwänden recht scharf gegen das umgebende Cytoplasma abhebt; an den beiden Polen werden dagegen die Contouren öfters mehr oder weniger verschwommen, und man bekommt unter Umständen den Eindruck, dass der Kern hier ohne Grenzen in das Cytoplasma übergehe. Der sichtbare Teil des Kernes hat eine undeutlich granulirte-hyaline Beschaffenheit. Zwischen den Chloroplasten erblickt man bisweilen, aber doch ziemlich selten, einzelne Verbindungsfäden. Auf der Oberfläche des Kerns so wie an den Verbindungsfäden finden sich — aber ziemlich spärlich — kleine runde lichtbrechende Körner, die wahrscheinlich Öltröpfchen darstellen. — Wenn man Schnitte, die einige Zeit lang in physiologischer (6 %) Rohrzuckerlösung aufbewahrt wurden, in reines Wasser überträgt, werden die plasmatischen Structuren oft besser sichtbar, insbesondere die Form und Abgrenzung des Kerns.

An Material, das nach der oben angegebenen-Osmium-Alkohol-Methode fixirt wurde, haben die Kerne ihre spindelförmige bipolare Gestalt erhalten, nur sind sie

meistens etwas schmäler als im lebenden Zustande. Grössere Granulationen sind nicht vorhanden, dagegen sind die Nucleolen (3—6) sehr gut sichtbar. Die Hauptmasse des Kerns erscheint an den mit Fuchsin-Jodgrün tingirten Präparaten schön blau, die Nucleolen rot. Gegen das Cytoplasma ist der Kern durch einen roten Saum (die Kernmembran) abgegrenzt; seine Contouren sind, besonders in den Epidermiszellen, öfters etwas zackig — wie eine sehr abgenutzte Sägeklinge — und diese rotgefärbten Zacken laufen nicht selten als zarte Fäden zu den Chloroplasten hin, um im Anschluss an diesen zu endigen. An den polaren Enden wird der Kern immer schmäler, und schliesslich jederseits in einen dünnen Faden ausgezogen, der hauptsächlich als eine Fortsetzung der Kernmembran zu betrachten ist; indessen geht auch die Kernsubstanz unmerklich und ohne scharfe Grenze in diesen Ausläufer hinüber. Die betreffenden Kernfortsätze, die man nach der Strasburgerschen Terminologie wohl nicht anders als kinoplasmatische Fasern nennen möchte, treten in den chlorophyllführenden Zellen immer mit den Chloroplasten in Verbindung, die auch unter sich durch erythrophile Plasmafasern verbunden sind (Fig. 2). Auf solchen Präparaten bildet der Kern mit den Chloroplasten in dieser Weise anscheinend ein in sich geschlossenes System. — In kürzeren, mehr isodiametrischen Parenchymzellen findet man nicht selten tripolare, dreieckige Kerne, die in drei Hauptausläufer ausstrahlen, sich sonst aber ganz wie die jetzt beschriebenen bipolaren Kerne verhalten. — In lädirten oder sonst beschädigten Zellen sieht man oft, wie der Kern unter Granulirung des Inhalts eine rundlich ovale Form annimmt und sich mit einer scharf umschriebenen Membran umgiebt, während gleichzeitig die Ausläufer verschwinden.

Der Zellkern und die jetzt beschriebenen Kernfortsätze resp. Verbindungsfäden bilden indessen kein starres, morphologisch festgelegtes System, so scharf und wohldifferenziert auch diese Gebilde an mit Osmiumsäure-Alkohol fixirtem Material hervortreten. In unverletzten Zellen von Schnitten, welche im Wasser aufbewahrt werden, gewahrt man meistens etwa nach einer Viertelstunde eine ziemlich lebhafte Protoplasmaströmung, die offenbar durch den Wundreiz hervorgerufen ist; gleichzeitig heben sich die Contouren des Zellkerns und der Kinoplasmafasern viel deutlicher gegen das Cytoplasma ab (Fig. 4 a). Die oben erwähnten kleinen Öltröpfchen fangen an sich zu bewegen, gleiten an der Oberfläche des Kerns oder in der peripheren Kinoplasmaschicht der Kernmembran, und gehen oft auf die Kernfortsätze und Verbindungsfäden hinüber, auf denen sie dann wie auf Schienen weiterrutschen, ohne indessen immer an die momentan sichtbaren Fasern gebunden zu sein. Gleichzeitig konstatirt man auch, dass der Kern fast wie eine Amöbe seine Form verändert, so dass ein anfangs bipolar gestreckter Kern in einigen Minuten ein fast runde Form annehmen kann, oder ein dreieckiger Kern — mit drei Ausläufern — sich in einen bipolaren mit zwei Ausläufern verwandelt. Bisweilen behält der Kern seine Form, wenigstens annähernd, konstant, während die kinoplasmatischen Fasern sehr wechselnde Gestalten annehmen, und bald hie, bald da sehr scharf differenziert zum Vorschein kommen, um dann wieder unsichtbar zu werden. Auch

die Dicke der Verbindungsfäden schwankt erheblich: so kommt es vor, dass eine Kinoplasmafaser plötzlich wie ein gespannter Muskel anschwillt und im nächsten Augenblick wieder auf die ursprüngliche Form zurückgeht. Bei solchen Gelegenheiten habe ich wiederholt gesehen, wie die Chloroplasten anscheinend *in* den Fäden und von diesen umschlossen sich gegen den Kern zu oder auch umgekehrt bewegten. In den angeschwollenen Fasern ist der centrale Teil oft deutlich granulirt, sonst sind diese Gebilde — abgesehen von den oben erwähnten Öltröpfchen — von annähernd homogen-hyaliner Beschaffenheit.

Ranunculus auricomus.

In den lebenden Epidermis-Zellen der Unterseite des Blattes erblickt man den Kern sehr deutlich als einen granulirten Körper mit triangulärer, eiförmiger oder bisweilen rundlich-nierenförmiger Gestalt. Die Ausläufer sind sehr deutlich zu sehen, ziemlich zahlreich und bestehen aus recht starken Strängen, die sich stellenweise sehr deutlich als Fortsetzungen der Kernmembran präsentiren. Die Ausläufer schwellen bisweilen lokal an, und erscheinen dann an solchen Stellen etwas granulirt; sie anastomasiren öfters mit einander.

Die Chloroplasten sind von eigentümlicher Beschaffenheit und bestehen aus einem äusseren, dichten, deutlich grüngefärbten Ring, und einer inneren, ungefärbten Vacuole. Meisten liegen ihrer 4—7 in den Kern eingesenkt, die übrigen sind durch Verbindungsfäden mit dem Kern und mit einander verbunden. — In 5 % Glucoselösung erscheint das nämliche Bild, nur sind die Structuren in diesem Falle etwas undeutlicher. In dieser Lösung wie auch im Leitungswasser erscheinen nach einiger Zeit im Zellsaft lebhaft zitternde Krystalle, die wohl ihre Entstehung irgend einem Stoffaustritt aus dem Plasma verdanken.

An mit Os.-Alkohol fixirten Material färben sich bei Behandlung mit Fuchsin-Jodgrün zuerst die Kerne schön blau, während die Chloroplasten noch ungefärbt bleiben. Nach einiger Zeit werden diese schön rot, und nach längerer Einwirkung (10—15 Minuten) erscheint die Peripherie des Kerns — die Kernmembran — deutlich rot, die Kernsubstanz blauviolett, die Nucleolen rot, ebenso die Chloroplasten und die Verbindungsfäden deutlich rötlich. — Mit Renaults Hämatoxylin färbt sich die Kernsubstanz violett, die Membran, die Ausläufer und die Chloroplasten gelblich ziegelrot.

Andere *Ranunculus*arten wie z. B. *Ranunculus Nyssanus* stimmen mit Rücksicht auf die uns interessirenden Verhältnisse mehr mit *R. Lingua* überein. Bei *R. Nyssanus* führen die Epidermiszellen grosse, rundlich-linsförmige oder stumpf dreieckige Kerne mit dünner, hyaliner Membran, von welcher 3—6 Ausläufer zu den ziemlich grossen Chloroplasten hinausstrahlen; oft liegen 2—5 Chloroplasten in den Kern hineingesenkt. — In absterbenden Zellen kommt nicht selten — wahrscheinlich als traumatische Reaktion — ein ziemlich reiches Fadenwerk, das teilweise

keine Beziehung zu den Chloroplasten zeigt, zum Vorschein um dann wieder zu verschwinden. Beim fortschreitenden Absterben rundet sich der Kern ab, wird grobgranulirt und umgiebt sich mit einer scharf begrenzten Membran, während die Ausläufer bis zur völliger Vernichtung desorganisirt werden.

Anemone nemorosa.

(Fig. 6, 7.)

Auch bei *Anemone*arten *(Anemone nemorosa* und *A. ranunculoides)* wurden die nämlichen Structuren wie bei *Ranunculus* in exquisiter Schönheit beobachtet, und zwar in erster Linie in den Epidermiszellen der Blätter, aber auch in den Zellen des Schwammparenchyms; hier sind die Kerne etwas dicker als in den Epidermiszellen, aber ganz wie bei *Ranunculus Lingua* bipolar gebaut, und ihre in feine Fäden ausgezogene Enden treten mit den Chloroplasten in Verbindung. Dies konnte auch — bei den Zellen des Schwammparenchyms — an mit Flemmings Gemisch fixirten und dann nach erfolgter Paraffineinbettung geschnittenem Material konstatirt werden.

Recht bemerkenswert sind die Verhältnisse in den Zellen der Rhizome. Als Untersuchungsmaterial diente mir einige im Januar ausgegrabene Rhizomstücke, welche nach einem mehrtägigen Aufenthalt im warmen Zimmer zu treiben angefangen hatten. Am deutlichsten präsentiren sich die betreffenden Verhältnisse in den unmittelbar unter dem Periderm gelegenen Zellen, wo die Stärkekörner kleiner und nicht so zahlreich sind wie tiefer im Gewebe. Die Kerne sind ziemlich gross, rundlich-oval, bisweilen bipolar; in nach der Osmium-Alkohol-Methode fixirten und mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten Schnitten ist ihre Hauptmasse fast homogen, blau tingirt, mit 1—3 rötlich durchschimmernden Nucleolen und einer hyalin-farblosen oder schwach rotgefärbten Membran, von welcher bald ziemlich dicke, bald sehr dünne Ausläufer zu den Stärkekörnern hinausstrahlen (Fig. 7). Oft liegt der Kern eingeklemmt mitten in einem Haufen von Stärkekörnern, von denen dann Fäden zu den mehr peripher gelegenen Körnern hinausgehen (Fig. 6). Analoge Verhältnisse finden sich, wie bald eingehend gezeigt werden soll, auch bei anderen unterirdischen Speicherorganen, besonders schön bei den Zwiebeln der Monokotylen.

Aucuba japonica.

(Fig. 12, 12 a, 12 b.)

In lebenden Epidermiszellen (des Blattes) erscheinen die Kerne als scharf markirte, hyaline, äusserst schwach granulirte, spindelförmige bipolare Körper; gegen die beiden Polen werden sie immer schmäler, und die Contouren werden undeutlicher, so dass die polaren Partien der Kerne überhaupt nicht zu sehen sind. Unter Umständen lassen sich doch die zugespitzten Kernenden verfolgen, und man kann

dann auch konstatiren, dass die fadenförmig ausgezogenen Ausläufer mit Chloroplasten in Verbindung treten. Letztere sind in den Epidermiszellen ziemlich klein, blassgrün. In lädirten Zellen werden die vorher spindelförmigen Zellkerne rundlich und umgeben sich mit einer scharf umschriebenen Membran, während gleichzeitig der Inhalt mehr oder weniger granulirt wird.

Die Fixirung gelingt meistens recht gut nach der Osmium-Alkohol-Methode; die Plasmastructuren sind bei dieser Pflanze, wenigstens in den Epidermis- und Mesophyllzellen der Blätter, ziemlich stabil, so dass man unmittelbar nach der Osmiumbehandlung (15 Sekunden) direkt in 40-prozentigen Alkohol überführen kann. Mit Fuchsin-Methylgrün erhält man oft, besonders bei Nachbehandlung mit schwefliger Säure, ganz gute Differenzierungen, indem die centrale Masse des Zellkerns schön blau tingirt wird, die Nucleolen, die Kernmembran, die Verbindungsfäden und die Chloroplasten rot. An den beiden zugespitzten Enden geht die blaue Kernsubstanz ganz unmerklich in die rot gefärbten Ausläufer hinüber, so dass eine scharfe Grenze zwischen dem Kern und den polaren Ausläufern gar nicht existirt. Von den seitlichen Partien des Kerns gehen oft kürzere Ausläufer auf die Chloroplasten zu, diese Fasern sind dann meistens deutliche Fortsätze der Kernmembran, die sich hier gegen die Grundmasse des Kerns bedeutend schärfer abhebt als an den polaren Partien.

Eine recht gute Differenzierung erhält man auch, wenn man die in Osmium-Alkohol fixirten Schnitte mit Methylgrün-Essigsäure behandelt. Auch die Chloroplasten werden dann schön grün gefärbt und die Kernausläufer erscheinen sehr deutlich.

Übrigens sind die Ausläufer ebenso wie die Kerne bei *Aucuba* ziemlich resistent gegen Chemicalien, wenn sie nur einmal fixirt sind. Nach 24-stündiger Behandlung mit 0,3 % HCl waren die Kerne dunkler, etwas bräunlich gefärbt, allein die Contouren traten sehr scharf hervor, und die Ausläufer waren gut sichtbar. Nach entsprechender Behandlung mit 1 % Sodalösung erwiesen sich die Kerne völlig unverändert und die Ausläufer fast ganz intakt, was besonders nach Zusatz von Methylgrün-Essigsäure auffiel.

Im Schwammparenchym des Blattes sind die Kerne meistens bipolar gebaut, doch trifft man auch tripolare, dreieckige Formen, welche übrigens auch in gewissen Epidermiszellen vorkommen. Im Allgemeinen sind die Kerne des Mesophylls in den centralen Partien etwas dicker als diejenigen der Epidermiszellen; das nämliche gilt auch von den Kernen in dem Assimilationsparenchym der Rinde. Sowohl im Mesophyll wie im Rindenparenchym konnte indessen an mit Osmium-Alkohol fixirten Schnitten konstatirt werden, dass die polaren Ausläufer mit den Chloroplasten in Verbindung treten (Fig. 12 a, 12 b).

Aucuba longifolia und *A. viridis* stimmen in Bezug auf die uns interessirenden Verhältnisse völlig mit *A. japonica* überein.

Bellis perennis.

In den lebenden Epidermiszellen der Blätter ist der Kern meistens gut sichtbar als ein hyaliner rundlich-ovaler Körper, etwas grösser als die Chloroplasten. Letztere sind ziemlich gross und verhältnismässig zahlreich; einige von ihnen, oft 4—5 Stück, liegen dem Kern dicht angedrückt, von diesen Chloroplasten gehen dann deutliche Plasmafäden zu den Nachbarchloroplasten. Liegen keine Chloroplasten unmittelbar am Kern, so finden sich fast immer Verbindungsfäden zwischen diesem und den nächsten Chloroplasten. Diese Verbindungsfäden sind in der unmittelbaren Nähe des Kernes intra vitam sehr gut zu sehen [1]), auf grösserer Entfernung vom Kern werden aber die Contouren undeutlich.

Als Schnitte, welche im lebenden Zustande sehr deutliche Verbindungsfäden zeigten, in abs. Alkohol überführt wurden, kontrahirte sich der Kern sehr stark, und in den meisten Zellen verschwanden die Verbindungsfäden vollständig; nur stellenweise konnten Reste von den zerrissenen Fasern gespürt werden.

Nach Fixirung und Härtung mit Osmiumsäure-Alkohol erwiesen sich die im Leben vorhandenen Structuren meistens gut erhalten. Es war dann oft sehr deutlich zu sehen wie der Kern mit einem oder mehreren Chloroplasten *verwachsen* war; die Verbindungsfäden waren sehr deutlich zu sehen, besonders die dickeren; diese erwiesen sich aber ungewöhnlich spröde, so dass sie trotz der angewandten Vorsicht oft stellenweise abgebrochen waren. Mit Fuchsin-Jodgrün erhielt man ziemlich gute Färbung, indessen nahmen Verbindungsfäden und Kernmembran verhältnismässig wenig Farbstoff auf.

Auch im Blattstielparenchym wurden analoge Structurverhältnisse gefunden.

Von *Compositen*, deren chlorophyllführende Blattepidermis ungefähr dieselben Structurverhältnisse zeigt wie die jetzt beschriebenen von *Bellis*, mögen besonders erwähnt werden: *Lactuca virosa*, *Crepis grandiflora* (Fig. 11), *Senecio vulgaris*, *Taraxacum vulgare*. Die Kerne sind hier meistens etwas grösser als bei *Bellis;* besonders bei *Crepis* und *Lactuca* sind Verwachsungen zwischen Zellkern und Chloroplasten oft sehr schön zu sehen. Letzteres gilt auch von Verbindungsfäden zwischen Kern und Chloroplasten.

Pyrola minor.

(Fig. 13.)

Osmiumsäure ruft in den Epidermiszellen und auch in gewissen Mesophyllzellen einen schwarzblauen Niederschlag hervor, der durch Wasserstoffsuperoxid nur teilweise entfernt werden kann, was die Beobachtung unter Umständen sehr erschwert.

---

[1]) Allerdings nur bei Auerlicht, nicht bei Tageslicht.

Die unteren Epidermiszellen der *Pyrola*-arten führen meistens grosse und zahlreiche Chloroplasten [1]), die durch relativ dicke Verbindungsfäden mit dem Kern kommuniciren. Letzterer ist ziemlich gross eiförmig-spindelförmig mit den polaren Enden zu anfangs kräftigen, aber zuletzt ganz dünnen Fäden ausgezogen. Wie bei *Aucuba* geht auch hier die Kernsubstanz ohne irgend eine sichtbare Grenze in die polaren Ausläufer hinüber; ausserdem strahlen vom Kern aus auch seitliche Fäden, die von der Kernmembran ausgehen, zu den Chloroplasten hin. Analoge Structurverhältnisse wurden auch im Chlorophyllparenchym des Blattstiels gefunden.

Auch andere *Pyrola*-arten wie z. B. *Pyrola secunda* und *P. chlorantha* zeigten in den Epidermiszellen entsprechende Verhältnisse.

Rumex Acetosa.

(Fig. 8.)

In den Epidermiszellen dieser Pflanze liegen kleine blassgrüne Chloroplasten, von denen die meisten lokale Beziehungen zum Zellkern zeigen, indem sie oft einen fast geschlossenen Ring um den Kern bilden. Durch Fixirung und Härtung mit Osmium-Alkohol konnten auch hier Structuren nachgewiesen werden, welche, wie die Fig. 8 zeigt mit den vorhin beschriebenen völlig analog waren. In beschädigten Zellen, wie sie beim Schneiden immer entstehen, präsentirte sich der Kern als ein grobgranulirter, von einer scharf umschriebenen Membran umgebener Körper; von den Verbindungsfäden war in derartigen Zellen gar nichts zu sehen.

Sempervivum arboreum.

(Fig. 13.)

Von dieser Pflanze wurde nur das Assimilationsgewebe der Blätter untersucht, und zwar in erster Linie die grossen chlorophyllreichen meistens gerbstofffreien Zellen, die durch eine abgeplattete, sehr gerbstoffreiche Zellschicht von der unteren Epidermis getrennt sind. Nachdem die untere Epidermis auf einer gewissen Strecke abgezogen war, wurde an dieser Stelle ein Schnitt hergestellt, der nur eine lebende Zellschicht enthielt, und in gewohnter Weise mit Osmium-Alkohol behandelt wurde. Da die betreffenden Zellen sehr gross sind, so musste das Deckglas durch unterschobene Capillarsplitter u. d. gestützt werden, weil sonst der Druck des Deckglases die Zellen derartig zusammenpresst, dass eventuel erhaltene Structuren oft völlig zerstört werden. Die Fixirung gelingt hier keineswegs immer, auch wenn mit aller Sorgfalt operirt wird, und die Anfertigung wirklich gelungerer Dauerpräparate stiess hier auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten. An mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten und im Wasser liegenden Schnitten konnten indessen oft sehr schöne Bilder beobachtet werden: der plattgedrückte, fast münzenförmige Zellkern,

[1]) Vgl. LIDFORSS, Die wintergrüne Flora, Lunds Univ. Årsskr. 1907.

der sich schön blau tingirt hatte, war von einer rotgefärbten Membran umgeben, die sich strahlenförmig in anfangs ziemlich dicke, später durch (oft dichotomische) Verzweigung dünner werdende Ausläufer fortsetzte. Diese ziemlich stark erythrophilen Fasern traten immer mit den Chloroplasten in Verbindung, und zwar oft in der Weise, dass ein vom Kern centrifugal ausstrahlender Faden gerade beim Verlassen eines Chloroplasten sich in zwei divergirende Ausläufer spaltete, die sich dann wieder dichotomisch verzweigen konnten. Die Fixirung dieser Zellen ist indessen recht capriciös, und gelingt anscheinend besser im Frühling und im Sommer wie im Winter. Die Figur ist nach einem in Glyceringelatine eingeschlossenen Dauerpräparate gezeichnet.

Solanum tuberosum.

(Figg. 9, 10, 10 b.)

In Anbetracht der schon eingangs erwähnten Angabe Haberlandt's [1]) war es von besonderem Interesse, die einschlägigen Verhältnisse bei der Kartoffelknolle zu untersuchen. Das Untersuchungsmaterial hatte während 2—3 Wochen an einem Fenster im Laboratorium gelegen, so dass eine recht lebhafte Ergrünung eingetreten war. Von den Knollen wurden ziemlich dicke Tangentialschnitte angefertigt, die nach 10—15 Sekunden Aufenthalt in Osmiumsäuredampf auf gewöhnliche Weise in steigendem Alkohol gehärtet wurden.

In den unmittelbar unter dem Korkgewebe gelegenen Zellen finden sich ergrünte Leukoplasten mit relativ kleinen Stärkekörnern; sie liegen teils diffus verteilt, teils kreisförmig um den Kern herum. Letzterer ist rundlich-oval, abgeplattet, mit fast homogener Grundmasse und deutlichem Nucleolus. Die Kernmembran ist meistens dünn und geht stellenweise ohne deutliche Grenze in ziemlich dünne Fäden hinüber, welche den Kern mit den angrenzenden Stärkekörnern verbinden. Auffallend ist sonst in dieser Region der Umstand, dass die Kerne eine sehr wechselnde Grösse besitzen, und zwar existirt hier eine sehr deutliche Relation zwischen Zellengrösse und Grösse des Zellkerns, so dass *grosse Zellen immer grosse, kleine Zellen immer kleine Kerne führen.*

Weiter nach innen werden die Stärkekörner erheblich grösser, und in gleichem Masse werden die Verbindungsfasern dicker und länger und ihre centrale Substanz stellenweise deutlich granulirt. Wenn der Kern annähernd isodiametrische Form hat, strahlen oft 5—10 Stränge von der Kernmembran hinaus, die entweder unmittelbar oder nachdem sie sich dichotomisch verzweigt haben, mit den Stärkekörnern in Verbindung treten (Fig. 9). Ist der Kern länglich (Fig. 10), so geht die Kernmasse allmählich in die polaren Ausläufer hinüber, während kleinere laterale Zweige mehr als direkte Membranfortsätze erscheinen. Bisweilen wird die blaue Kernmasse von einer dichtgranulirten, erythrophilen Hülle umgeben, und die von

[1]) Vgl. S. 7.

dieser ausstrahlenden Stränge erreichen dann meistens auch eine beträchtliche Dicke (Vgl. Fig. 10 b); allem Anscheine nach ist es eben ein solcher Kern, den HABERLANDT l. c. abgebildet hat. Solche Stränge zeigen unter Umständen lokale, knotenähnliche Anschwellungen von granulirter Substanz. Oft sind die Kerne ziemlich klein, und liegen eingeklemmt zwischen den dicht zusammengehäuften Stärkekörnern, so dass sie nur teilweise sichtbar sind. Weiter nach innen im Gewebe wird dies in noch höherem Grade der Fall, so dass ein Einblick in die morphologischen Verhältnisse dieser Zellen nur ausnahmsweise zu erreichen ist, doch scheinen die Verhältnisse im Princip hier nicht anders zu sein als in den peripheren Schichten. Die Verbindungsfasern sind von wechselnder Dicke, entweder dünn, homogen und hyalin, oder dicker dichotomisch verzweigt und dann öfters mit einem deutlich granulirten Centralcylinder.

In vielen Fällen sind die jetzt beschriebenen Structuren sehr deutlich in lebenden Zellen zu sehen; auch lässt sich dann feststellen, dass in den dickeren Fasern und auch tangential in der Kernmembran eine Translokation des Inhalts stattfindet, wobei die Fasern abwechselnd dicker und dünner werden oder sogar gänzlich verschwinden. Die Hauptmasse des Kerns ist im lebenden Zustande fast völlig homogen mit deutlich sichtbaren Nucleolus. Beim Betrachten der lebenden Structuren bekommt man nicht selten den Eindruck dass die Verbindungsfasern aus einer hyalinen Substanz bestehen, und dass in dieser wie in einer Röhre eine granulirte Masse vorhanden ist, die dann und wann Translokationen erfährt; je nach dem dieser Inhalt sich lokal vermehrt oder verschwindet, werden die Stränge mehr oder weniger deutlich sichtbar. — Im fixirten Zustande sind die Verbindungsfasern ziemlich spröde, so dass eine leichte Verschiebung des Deckglases ausreichen kann, um sie zum Bersten zu bringen.

Mit gleichen Resultaten wie die vorhin erwähnten Pflanzen habe ich eine ganze Anzahl von Dikotylen untersucht, von denen folgende hier namhaft gemacht werden mögen: *Lamium purpureum* (Blattepidermis und Stengelparenchym), *Galeobdolon luteum* (Blattepidermis), *Veronica hederæfolia* (Blattepidermis und Stengelparenchym), *Geum rivale* u. *Geum urbanum* (Blattepidermis und Schwammparenchym), *Saxifraga crassifolia* und *S. cordifolia* (Blattepidermis), *Geranium molle* (Blattepidermis), *Chelidonium majus* (Schwammparenchym und Blattepidermis), *Rubus polyanthemus* (Rindenparenchym). Eine nähere Beschreibung dieser Verhältnisse würde indessen hauptsächlich Wiederholungen des schon geschilderten ergeben, weshalb ich darauf verzichte.

Monocotyledones.

Hyacinthus orientalis.

(Figg. 15, 16, 17, 18, 19.)

Als Untersuchungsmaterial diente ziemlich grosse, etwas ergrünte Zwiebeln, die im November aus den hiesigen Gärtnereien bezogen wurden, und dann in den

Wintermonaten untersucht wurden. Fixirt wurden meistens Schnitte, die ausser der Epidermis zwei Schichten lebender Zellen enthielten. Diese wurden in der gewohnten Weise fixirt und gehärtet; gefärbt wurde fast immer mit Fuchsin-Jodgrün (oder Methylgrün), welches Verfahren sich hier überaus gut bewährte. Durch vorsichtiges Überführen in Glyceringelatine konnten völlig befriedigende Dauerpräparate erhalten werden, deren Haltbarkeit natürlich doch keine unbegrenzte ist.

In den lebenden Zellen der stärkeführenden Schichten der Zwiebeln ist von den uns interessirenden Structuren meistens nicht viel zu sehen; die Kerne schimmern allerdings durch, diejenigen der Epidermiszellen als hyaline längliche Gebilde relativ gut sichtbar, diejenigen der unterliegenden Schichten als schwach granulirte, von Chloroplasten oder Stärkekörnern dicht umgebene rundliche Gebilde ohne deutliche Contouren. In gut fixirten Epidermiszellen, die auch an den Zwiebeln chlorophyll- und stärkefrei sind, sieht man die schon aus MIEHES Arbeit bekannten Zellkerne mit ihren »kinoplasmatischen» Ausläufer; sie besitzen hier ungefähr denselben Bau wie in den Epidermiszellen der Laubblätter. Die unmittelbar unter der Epidermis gelegene Schicht ist diejenige, welche der ergrünenden Zwiebel die grüne Farbe verleiht; diese Zellen enthalten zahlreiche, ziemlich grosse aber etwas unregelmässig geformte Chloroplasten, und kolossal grosse Zellkerne, welche annähernd die Form einer grobzackigen Münze besitzen (stark abegeplattet mit unebenen Rändern). Diese Zellen lassen sich meistens nur mit Schwierigkeit gut fixiren, doch habe ich öfters gesehen, dass die Chloroplasten durch feine Fäden mit der Kernmembran in Verbindung stehen; die relativ schlechte Erhaltung dürfte teilweise darauf beruhen, dass in den fixirten Schnitten die betreffenden Zellen durch die überliegende dritte Zellschicht gegen die Wirkung der Osmiumdämpfe geschützt wurde, aber auch so fiel sie meistens überraschend schlecht aus. Die im folgenden gemachten Angaben beziehen sich deshalb nur auf die dritte Zellschicht (von aussen gerechnet).

In diesen Zellen sind die Chloroplasten schon durch chlorophyllfreie oder nur schwach ergrünte Leukoplasten, die grosse Stärkekörner führen, ersetzt. Die Kerne sind meistens rundlich oder triangulär, nicht so breit aber etwas dicker als die in der zweiten Zellschicht; sie färben sich bei Behandlung mit Fuchsin-Jodgrün intensiv blau, die Nucleolen treten indessen nur schwach hervor. Die Kernmembran färbt sich dagegen auffallend stark rot, ebenso die von ihr zu den Leukoplasten (Stärkekörnern) verlaufenden Fasern. Diese sind, wie die Figuren zeigen, ziemlich variabel, entweder ganz dünne Fäden, deren Natur als Membranfortsätze ganz augenfällig ist, oder es sind dickere Stränge, die wenigstens in ihren basalen Enden wirklich Kernsubstanz einschliessen und erst weiter centrifugalwärts nur aus erythrophiler Membransubstanz bestehen. Fast immer treten nun diese Fasern, sie mögen dick oder dünn sein, mit den von ihren Leukoplasten umschlossenen Stärkekörnern in Verbindung, und zwar scheinen diese Verbindungsfäden ohne sichtbare Grenze in die Substanz der Leukoplasten-Schicht aufzugehen. Auch die Leuko-

plasten stehen durch erythrophile, oft recht dicke Fäden, die allerdings nicht immer erhalten werden, mit einander in Verbindung. Diese Bilder können unter Umständen recht lebhaft an die von HABERLANDT gegebene Abbildung der Zellstructuren der ergrünenden Kartoffel erinnern, doch handelt es sich hier keineswegs, wie HABERLANDT für die Kartoffel anzunehmen scheint, um gewöhnliche Plasmafäden, sondern um wirkliche *Kern*fortsätze, die offenbar mit den »kinoplasmatischen Aufhängefasern» in den Epidermiszellen homolog sind. Über die verschiedene Gestalt und Anordnung geben die Figuren 15, 16, 17, den nötigen Aufschluss.

Eine Eigentümlichkeit, die ich — in dieser Ausbildung wenigstens — bisjetzt nur bei der Hyacinthenzwiebel gesehen habe, ist *das Vorkommen von Stärkekörnern im Zellkern.* Dies ist in den fraglichen Zellen keineswegs eine Seltenkeit (Vgl. Fig. 15), immerbin ist es aber dann zu bemerken, dass das Stärkekorn immer von einer deutlich sich abhebenden Leukoplasthülle umgeben ist. Dadurch verliert ja der betreffende Befund einen guten Teil seiner Parodoxie und erscheint mehr als ein Extrem jener Fälle, wo ein Chloroplast oder Leukoplast mit dem Kern verwachsen, resp. in den Kern eingesenkt ist.

In den tiefer liegenden Schichten der Hyacinthenzwiebel sind, so viel ich habe finden können, analoge Structurverhältnisse vorhanden, doch wird in diesen Zellen die Beobachtungen durch die massenhaft um den Kern zusammenliegenden Stärkekörnern höchst erheblich erschwert.

Die jetzt gemachten Angaben stützen sich, wie schon erwähnt wurde, auf Beobachtungen, die an ergrünten, aber nicht ausgetriebenen Zwiebeln im November—Dezember gemacht wurden. An im Wasser ausgetriebenen Zwiebeln derselben Sorte wurde im Princip die nämlichen Verhältnisse konstatirt, doch machte sich in Bezug auf die Lage der Stärkekörner in den betreffenden Schichten der Unterschied geltend, dass dieselben ganz wie in Statolitenzellen an der unteren Wand verlagert waren, und zwar befand sich dann auch der Zellkern konstant im unteren Teile der Zelle, von den Stärkekörnern umgeben und oft mit ihnen durch Kinoplasmastränge verbunden. Diese erwiesen aber oft auffallend dünn im Vergleich zu denjenigen der nicht ausgetriebenen, aber ergrünten Zwiebeln, doch waren hie und da auch dickere Stränge zu sehen; oft war der Kern mit einer stark erythrophilen Kinoplasmamasse verwachsen oder von einer derartigen Hülle umschlossen. Wurden die vorher aufrecht gehaltenen Zwiebeln mit der Längsachse horisontal gelegt, so wurde die Lage der Stärkekörner entsprechend verändert, so dass sie jetzt den vertikalen Seitenwänden angelagert wurden; diese Lageveränderung wurde dann auch stets vom Zellkern mitgemacht, der also fortwährend durch Kinoplasmastränge mit den Stärkekörnern in Verbindung blieb.

In Anbetracht der soeben geschilderten Verhältnisse war es von bestimmten Interesse zu erfahren, wie sich die Statocysten der Hyacinthe in dieser Beziehung verhalten. Statocysten finden sich bei dieser Pflanze teils in den Wurzelspitzen, wo sie nicht besonders schön entwickelt sind, teils im Stengel, wo sie eine kon-

zentrische Schicht ausserhalb des Gefässbündelkreises bilden, und in den Blättern [1]), wo jedes Gefässbündel von einem einschichtigen Statocystenring umgeben wird. So viel ich habe sehen können, finden sich in den Statocysten gar keine Verbindungsfäden zwischen den Zellkern und den beweglichen Stärkekörnern; letzterer liegt annähernd in der Mitte der Zelle unabhängig von der jeweiligen Lage der Stärkekörner. Auffallend ist dagegen die Beschaffenheit des Zellkerns. Dieser ist relativ klein, und meistens durch rissförmige Einkerbungen mehr oder weniger deformirt, so dass öfters der Eindruck einer beginnenden Deformation erweckt wird. Bei *Hyacinthus* ist diese, fast an Gehirnwindungen erinnernde, Form des Zellkerns typisch für die Statocysten im Stengel und in den Blättern (Vgl. Fig. 17 b).

Von besonderem Interesse war es auch, die nach der Osmium-Alkohol-Methode fixirten Kerne der Epidermiszellen der Blätter mit den von Miehe durch Fixirung mit Flemmings Gemisch erhaltenen Bilder zu vergleichen. Im Allgemeinen hat es sich gezeigt, dass die nach der ersten Methode erhaltenen Bilder in wichtigen Punkten mit der von Miehe l. c. gegebenen Abbildung übereinstimmen; vor allem sind die kinoplasmatischen Fasern und die allgemeine Form des Kerns in ganz analoger Weise konservirt (Vgl. Miehes Fig. 11 und diese Arbeit Fig. 18). In Bezug auf die chromatinhaltige Hauptmasse des Kerns macht sich dagegen ein Unterschied insofern geltend, als dieselbe durch das Flemmingsche Gemisch zu einem grobgranulirten Gerinnsel verwandelt worden, während die nach der von mir benutzten Methode fixirte Kernsubstanz durch ihre feingranulirte-homogene Beschaffenheit vielmehr an die intra vitam bestehenden Verhältnisse erinnert.

In den *lebenden* Epidermiszellen sind die Zellkerne, die fast immer an den inneren Längswänden gelegen sind, gut sichtbar als längsgestreckte, granulirte Massen, welche sich in den mittleren Partien meistens durch einen feinen, dunkleren Rand gegen das Cytoplasma abgrenzen, während dagegen an den polaren Enden die Contouren und die Kernmasse überhaupt etwas undeutlicher werden; indessen sind die Mieheschen Aufhängefasern oft recht deutlich zu sehen. In diesen ist meistens eine lebhafte Strömung vorhanden, und zwar sind es kleine, an der Oberfläche des Kerns gelegenen Granulationen, wahrscheinlich Öltropfen, vielleicht auch proteinartige Mikrosomen, welche in raschem Tempo fortgeführt werden; unter Umständen kann man gerade an der Grenze zwischen Kern und Aufhängefasern eine so lebhafte Strudelbewegung wahrnehmen, dass das Bild an in eine Kapillare einschwärmende Bakterien erinnert. Gleichzeitig wechselt auch die Gestalt der Aufhängefasern, so dass ich z. B. in einem konkreten Falle gesehen habe, wie ein anfangs am einen Ende gabelförmig verzweigten Kern in wenigen Minuten zu einem mit einfach ausgezogener Spitze verwandelt wurde, indem der eine Ast bis zum Schwinden vermindert wurde, während der andere entsprechend an Mächtigheit zunahm; in dieser Weise wurde der ganze Zellkern etwas nach vorn verschoben.

---

[1]) Die Blätter der Hyacinthe sind anfangs stark negativ geotropisch.

Im chlorophyllführenden Parenchym der Blätter sind die grossen Zellkerne, wie an mit Osmium-Alkohol fixirten Schnitten bisweilen sehr deutlich zu sehen ist, durch sehr feine, von der Membran ausgehende Kinoplasmafäden mit den angrenzenden Chloroplasten verbunden, falls dieselben nicht den Kern unmittelbar berühren. Doch sind in diesem Gewebe die betreffenden Structuren sehr empfindlich und gehen auch bei sonst gelingender Fixirung leicht zu Grunde, was wohl einerseits mit der relativen Dünne der Fäden, andererseits mit dem in den assimilirenden Zellen verhältnismässig hohen Turgordruck zusammenhängt. In den im Wasser ausgetriebenen Wurzeln lassen sich dagegen die Aufhängefasern vielfach ziemlich leicht fixiren. Von dem meristematischen Gewebe der Wurzel kann man sehr brauchbare Präparate bekommen, wenn man ganze Wurzelspitzen 10—20 Sekunden im Osmiumdampf hält und dann mit Intervallen von etwa 10 Minuten durch steigenden Alkohol überträgt, und nach der gewöhnlichen Mikrotombehandlung mit Fuchsin-Jodgrün färbt. Sowohl die ruhenden Kerne wie die Karyokinesen sind in solchen Präparaten sehr schön fixirt und zwar in einer Weise, die nach allem zu urteilen der vitalen Structur näher kommt als es irgend eine andere Fixirungsmethode erlaubt. Besonders fällt es auf, dass die jungen Kerne, vor allem in den stärkehaltigen Zellen, nicht so regelmässig runde Gestalt haben wie z. B. Rosen [1]) abgebildet hat, sondern vielmehr zackige-gelappte Contouren aufweisen. Unter Umständen konnten auch an Mikrotomschnitten in ganz jungen Zellen Verbindungsfäden zwischen den Zellkern und den stärkeführenden Leukoplasten konstatirt werden (Fig. 19), jedoch nicht in den Statocysten.

Tulipa Gesneriana.

(Fig. 21, 21 b, 22, 22 b, 22 c, 23.)

In den lebenden Epidermiszellen der Laubblätter sieht man die Zellkerne sehr deutlich als rundliche, feingranulirte Gebilde, von denen bald gröbere, bald feinere Stränge ausgehen, die bisweilen netz- oder balkenförmig die Zelle durchsetzen. In gewissen Fällen sind diese Stränge, besonders wenn sie sehr dick sind, kaum von gewöhnlichen trophoplasmatischen Plasmafäden zu unterscheiden, in anderen Fällen dokumentiren sie sich aber unzweifelhaft als Gebilde, welche sowohl morphologisch wie physiologisch den Mieheschen Aufhängefasern entsprechen dürfen. Allerdings ist ein kontinuirlicher Übergang der chromatischen Kernsubstanz in die Aufhängefasern, wie z. B. bei *Hyacinthus*, hier selten vorhanden, was offenbar mit der meistens isodiametrischen Gestalt des Zellkerns zusammenhängt; allein sehr oft lässt sich an mit Osmium-Alkohol fixirten Schnitten überaus deutlich konstatiren, dass die feineren Fäden direkte Fortsätze der Kernmembran sind, in welche sie ohne sichtbare Grenze übergehen. Da indessen die Kerne fast immer

[1]) F. Rosen, Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenzellen, Cohns Beiträge Bd. VII. Vgl. besonders Taf. II.

eine isodiametrische Gestalt besitzen, so sieht man gewöhnlich nicht einen derartigen kontinuirlichen Uebergang der Chromatinsubstanz in die Ausläufer wie es z. B. bei *Ranunculus Lingua*, *Aucuba* und in den Epidermiszellen von *Hyacinthus* der Fall ist, sondern die Kernmembran umgiebt den Kern als eine überall deutlich abgegrenzte erythrophile und etwas granulirte Hülle, welche ihrerseits ohne Grenze in die Ausläufer übergeht. Diese Kernmembran, deren Zugehörigkeit zum Cytoplasma ganz zweifellos ist, wird aber bei schlechter Fixirung, wie sie z. B. in verletzten Zellen stattfindet, zerstört, und an ihrer Stelle erscheint eine scharf begrenzte Membran, welche den jetzt grobgranulirten und abgerundeten Kern umgiebt und offenbar ein Artefact ist. (Vgl. Fig. 21 und 21 b.) Es ist aber kaum zu bezweifeln, dass derartige, künstlich hervorgerufene Membranen in vielen Fällen für die natürlichen Kernmembranen gehalten worden sind, und wohl noch gehalten werden.

In Zellen von Schnitten, die etwa eine Viertelstunde im Wasser gehalten worden, tritt in den Verbindungsfäden und in der den Kern umgebenden Kinoplasmahülle eine ziemlich lebhafte Strömung auf; gleichzeitig werden die Ausläufer selbst von gewissen quantitativen Veränderungen betroffen, so dass sie bald lokal verdickt, bald bis zum völligen Schwinden verdünnt werden. Auch der Kern ändert bisweilen in auffälliger Weise seine Form; so habe ich direkt verfolgen können, wie ein anfangs fast isodiametrischer Kern mit vier Ausläufern in wenigen Minuten zu einem bipolaren Gebilde mit zwei Ausläufern, welche den Mieheschen Aufhängefasern vollkommen ähnelten, verwandelt wurde.

In den *Zwiebeln* — ich untersuchte hauptsächlich ruhende Zwiebeln in den Wintermonaten — finden sich Structurverhältnisse, welche in principieller Hinsicht mit den schon für *Hyacinthus* beschriebenen übereinstimmen, aber doch einige charakteristische Sonderkeiten aufzeigen. Die Kerne der äussersten Zellschicht besitzen ungefähr denselben Bau wie die Kerne der Blattepidermis: sie sind rund oder oval und von einer meistens dünnen, in mehrere Ausläufer ausstrahlenden Kinoplasmahülle umgeben; Stärkekörnern sind nicht vorhanden, Leukoplasten scheinen auch zu fehlen. In den etwas weiter nach innen gelegenen aber noch stärkefreien resp. stärkearmen Zellschichten wird diese Kinoplasmahülle, welche aus dem rotblauen Gemisch das Fuchsin mit auffallender Gier aufnimmt, immer stärker entwickelt, so dass sie bald als eine dicke Hülle, bald als ein dem Kern einseitig angewachsenes Gebilde sichtbar wird; in beiden Fällen setzt sich die Kinoplasmamasse in stark entwickelte, meistens verzweigte Ausläufer fort. In gut fixirten und mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten Präparaten erhält man deshalb Bilder, die beim ersten Blick recht paradox erscheinen, indem der in rötlich gefärbte Ausläufer ausstrahlende Kern anscheinend zur Hälfte blau, zur Hälfte rot gefärbt ist; die rote Hälfte, die auf den Bildern an der Tafel III etwas heller gehalten ist, besteht aber nicht aus Kernsubstanz, sondern aus dem Cytoplasma angehörigem Kinoplasma (Vgl. Fig. 22 c, 22 d).

Diese kinoplasmatischen Ansammlungen, welche hier regelmässig mit dem Zellkern zusammengewachsen sind, werden besonders in den etwas tieferen Schichten

grobgranulirt griesskörnig, und zwar beruhen diese Granulationen auf Einlagerung von Leukoplasten, die oft gegenüber dem umgebenden Kinoplasma auffallend schlecht differenzirt sind, deren Existenz sich aber durch das Auftreten von Stärkekörnern kundgiebt. Letztere erscheinen oft unmittelbar in der rotgefärbten Kinoplasmamasse eingebettet, etwas weiter nach innen finden sich aber Structuren, die in auffallender Weise mit denjenigen in der Hyacinthuszwiebel übereinstimmen (Fig. 22, 22 b).

Lilium candidum. In den Zwiebeln wurden Structurverhältnisse gefunden, die den bei der Tulpe vorhandenen so ähnlich waren, dass eine genauere Beschreibung überflüssig erscheint (Vgl. Fig. 20, 20 b). Auch die zur Hälfte blau, zur Hälfte rot gefärbten kernähnlichen Gebilde waren hier stellenweise sehr deutlich zu sehen.

Galanthus nivalis. Die Zellkerne in den Epidermiszellen der Blätter stimmen in der Hauptsache mit den von Miehe geschilderten Kernen in der Blattepidermis von *Hyacinthus* überein, nur sind die kinoplasmatischen Ausläufer der bisweilen sehr langgestreckten Kerne bei *Galanthus* meistens noch schöner ausgebildet wie bei *Hyacinthus* (Fig. 25, 26, 27). Auch in der Zwiebel sind die Kerne grösstenteils bipolar gebaut und durch kinoplasmatische Ausläufer mit den stärkebildenden Leukoplasten verbunden (Fig. 28), was besonders deutlich in den äusseren Zellschichten der Zwiebel, wo die Stärkekörner noch klein sind, zu sehen ist.

Narcissus poeticus und **N. Pseudo-Narcissus** stimmen in Bezug auf die uns interessirenden Verhältnisse, besonders mit Rücksicht auf die Zellkerne der Blattepidermis, mit *Galanthus* überein; auch in der Zwiebel wurden Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Stärkekörnern konstatirt (Fig. 24).

Hæmanthus coccineus.

(Figg. 29—32.)

Diese Pflanze, von der hauptsächlich die Epidermis der Blätter untersucht wurde, ist für unser Thema aus zwei verschiedenen Gründen von Interesse. Erstens sind die für uns in Frage kommenden Structuren in den Epidermiszellen dieser Pflanze sichtbar mit einer Deutlichkeit, wie ich sonst nie gefunden habe, wodurch sich *Hæmanthus* vortrefflich als Kontrolmaterial für die Fixirung eignet. Zweitens finden sich bei dieser Pflanze eine besondere Art von aktiven Inhaltskörpern, nämlich typische Elaioplasten, deren morphologische Beziehungen zu den Kernen immerhin von einem gewissen Interesse erscheinen.

An lebenden, in Wasser liegenden Schnitten war folgendes zu sehen. Vom Zellkern, der ein hyalines oder schwach granulirtes Aussehen und einen nur schwach

durchschimmernden Nucleolus besitzt, strahlen nach allen Richtungen Fäden aus, von denen einige mit den dunklen grobgranulirten Elaioplasten in Verbindung treten, während andere Fäden, welche allem Anscheine nach stark gespannt sind, bis an das Hyaloplasma hinausstrahlen. An manchen Stellen ist sehr deutlich zu sehen, dass die betreffenden Fasern wirklich direkte Kernfortsätze sind und zwar von der Kernmembran, die als eine ziemlich dicke Schicht den gewöhnlich rundlichen Kern umgiebt. Auch lässt sich deutlich beobachten, dass sowohl in der Kernmembran wie in den Fäden Mikrosomen fortgeführt werden; es findet hier eine deutliche Strömung statt. Dass aber die innere Hauptmasse des Kerns sich etwa an dieser Strömung beteiligte konnte ich niemals sehen.

Was die Elaioplasten betrifft, so sind diese recht gross, meistens bedeutend grösser als der Zellkern, und bestehen aus einer erythrophilen plasmatischen Grundsubstanz, welche mit einem ölartigen Stoffe imprägnirt ist. Letzterer wird mit Osmiumsäure geschwärzt, aber schon von starkem Alkohol herausgelöst, so dass nur die plasmatische Grundsubstanz zurückbleibt. Diese ist übrigens, wie Fig. 31 zeigt, nicht selten mit dem Kern verwachsen, dem entsprechend, was wir schon an gewissen Chloroplasten gesehen haben.

Durch Behandlung nach der Osmium-Alkohol-Methode werden diese Structurverhältnisse vollkommen naturgetreu und mit Erhaltung der kleinsten Details fixirt; nur treten gewisse Beziehungen vielleicht noch deutlicher hervor, so wird der Ursprung der Verbindungsfäden von der Membran ganz aus ausser Zweifel gestellt, ebenso präsentirt sich der Nucleolus jetzt sehr deutlich. Mit Fuchsin-Jodgrün erhält man eine sehr schöne Doppeltfärbung, indem die Elaioplasten schön rot, die Grundmasse der Kerne ebenso schön blau gefärbt werden; Kernmembran und Ausläufer färben sich schwach rötlich.

Von nicht geringem Interesse ist es, die Einwirkung der sonst üblichen Fixirungsmittel auf *Hæmanthus*-Schnitte zu verfolgen. Bei Zusatz vom Flemming-schen Gemisch wurde folgendes gesehen: schon nach $^1/_2$—1 Minute sind die Kerne granulirt geworden, ihre Gestalt ist schön kreisförmig geworden und eine früher nicht in der Weise sichtbare, scharf umschriebene Membran umgiebt den Kern. Aus jedem Elaioplasten quillt ein grosser klarer Öltropfen hervor. Inzwischen werden die Contouren der Fäden immer undeutlicher, und nach einigen Stunden sind in vielen Zellen, wo anfangs ein schönes Fadengerüst vorhanden war, nur zerbröckelte Fragmente vorhanden.

Rhodea japonica, Amaryllis Belladonna, Scilla sicula.

In den chlorophyllfreien Epidermiszellen dieser Pflanzen konnte ich mit der Osmium-Alkohol-Methode sehr schöne Kernfortsätze nachweisen, die im wesentlichen mit den von Miehe an *Hyacinthus* studirten übereinstimmen. Dagegen stösst es meistens auf grosse Schwierigkeiten, die Kerne im Assimilationsgewebe so

zu fixiren, dass ihre Verbindungsfäden mit den Chloroplasten erhalten werden. Dies missglückt fast immer, ohne dass ich im Stande wäre anzugeben, worauf der Misserfolg eigentlich beruht. In der Annahme, dass der im Assimilationsgewebe herrschende höhere Turgordruck vielleicht das entscheidende Moment wäre, injizierte ich die zu schneidenden Blätter mit physiologischer (6 %) Rohrzuckerlösung, und setzte dann die Schnitte den Osmiumdämpfen aus, oder ich fixirte direkt mit Osmiumsäurehaltiger physiologischer Zuckerlösung, aber alles ohne Erfolg. Doch war mir in einigen Fällen, wo die Alkoholüberführung mit peinlicher Sorgfalt gemacht wurde, möglich mit aller Deutlichkeit zu sehen, dass der Kern der Mesophyllzellen durch von der Membran ausgehende Fäden mit den Chloroplasten in Verbindung stand. Diese Beobachtung habe ich wiederholt bei *Scilla sicula* und *Rhodea japonica* gemacht; besonders bei der letzteren Pflanze waren die — übrigens zahlreichen — Fäden so dünn, dass ihre Erhaltung fast wie ein Wunder vorkam. An Dauerpräparaten war aber nicht zu denken.

Die unterirdischen Teile der jetzt erwähnten Pflanzen habe ich nicht untersucht.

Orchis angustifolia.

(Fig. 33—34.)

In den Wurzelknollen dieser Pflanze, die zur Winterzeit untersucht wurden, finden sich Structurverhältnisse, die in wichtigen Beziehungen an die bei *Tulipa* beobachteten erinnern. In den äusseren stärkefreien oder stärkearmen Zellschichten werden die Kerne von einer plasmatischen Hülle umgeben, in welcher zahlreiche Leukoplasten eingebettet liegen und von der gewöhnlich Leukoplastführende Ausläufer hinausstrahlen; nicht selten sind die Leukoplasten so schwach gegen das umgebende stark erythrophile Plasma differenzirt, so dass Bilder, die mit den bei *Tulipa* beobachteten scheinbaren Doppeltkernen übereinstimmen, zu stande kommen. Indessen sind die betreffenden Plasmastränge in den Zellen der *Orchis*knolle oft so dick und so wenig gegen das Trophoplasma differenzirt, dass ich sehr im Zweifel bin, ob man hier wirklich berechtigt ist von kinoplasmatischen Verbindungsfäden zu reden. Übrigens ist es ja teoretisch sehr wohl möglich und in gewissen Fällen wohl auch Tatsache, dass die vom Kern zu den Chromatophoren ausgehenden Verbindungsfäden sowohl aus Trophoplasma wie Kinoplasma bestehen. Nach meinem Dafürhalten ist ein derartiger Fall hier realisirt.

In den tiefer nach innen gelegenen Zellen der *Orchis*knolle liegen zahlreiche, gewöhnlich maulbeerförmig zusammengehäufte Stärkekörner, zwischen welchen man oft den central — oder doch annähernd central — gelegenen Kern hindurchschimmern sieht (Fig. 34).

Filicineæ.

Asplenium decussatum.

(Fig. 30, 35, 36, 37, 38.)

In den lebenden Epidermiszellen der Unterseite der Blätter sind die Kerne ziemlich deutlich als schwach granulirte, relativ grosse, sehr oft dreieckige Körper zu sehen. Von den ebenfalls recht grossen Chloroplasten sind einzelne mit dem Zellkern verwachsen, und erscheinen oft fast zur Hälfte in die Masse des Kerns eingesenkt. Von den drei Ecken des Kerns gehen gewöhnlich Fäden zu den Chloroplasten hin, um sich dann weiter zu verzweigen. Die Fäden sind in ihren dickeren Teilen an lebendem Material sehr deutlich zu sehen.

An mit Osmium-Alkohol fixirten und mit Fuchsin-Jodgrün gefärbten Material sind die Kerne in ihrem ganzen Umfange schön blau, die Chloroplasten wie gewöhnlich rot; dagegen sind die Ausläufer deutlich blau, wodurch sich ihre Zusammenhörigkeit mit dem Kern in prägnanter Weise kundgiebt. Auch im chlorophyllführenden Grundgewebe des Blattstiels wurden entsprechende Structurverhältnisse konstatirt.

Eine recht eigentümliche Erscheinung tritt — anscheinend völlig konstant — in gewissen Epidermiszellen älterer *Asplenium*-Blätter auf. Die Kerne werden sehr gross, und immer rundlich oval, niemals eckig und erscheinen schon in den lebenden Zellen aussergewöhnlich dunkel; bei Zusats von Osmiumsäure werden sie gebräunt-geschwärzt. Ihre Ausläufer sind meistens verschwunden, so dass die intime Verbindung mit den Chloroplasten nicht mehr besteht. Alles in Allem sind diese Kerne offenbar einer Art *Fettdegeneration* anheimgefallen; ob diese einen Einfluss auf die Vitalität der Chloroplasten ausübt konnte ich bisjetzt nicht feststellen.

Fig. 36 zeigt teils eine Zelle mit normalem Kern, teils eine, wo der Kern der Fettdegeneration anheimgefallen ist. Fig. 37 zeigt eine von vornherein lädirte Zelle, wo der Kern sich abgerundet hat (unbrauchbare Fixirung).

Analoge Structurverhältnisse habe ich auch in den Chloroplasthaltigen Epidermiszellen anderer Farne *(Asplenium Trichomanes*, *Scolopendrium officinale, Polypodium vulgare)* konstatirt. Ebenso gehören die von Haberlandt für *Selaginella Martensii* abgebildeten Structurverhältnisse [1]) in diese Kategorie; an mit Osmium-Alkohol fixirten Schnitten aus dem Rindenparenchym dieser Pflanze habe ich deutlich konstatiren können, dass der längliche Zellkern bipolar in kinoplasmatische Ausläufer ausgezogen ist, welche letztere in ihrem weiteren Verlaufe mit den von Haberlandt abgebildeten, die Chloroplasten verbindenden Plasmasträngen identisch sind (Vgl. Fig. 39, 40).

---

[1]) Physiologische Pflanzenanatomie p. 32 (1904).

Allgemeine Resultate.

I. Die Fixirung.

Als eine allgemeine Erfahrung, die wohl gelegentlich auch von manchen anderen Botanikern gemacht worden, möchte ich zuerst hervorheben, dass die gewöhnlichen Fixirungsmittel (Flemmings, Hermanns, Merkels, Juel's, Carnoy's Gemisch), die sich sonst einer allgemeinen und wohl auch berechtigten Popularität erfreuen, im grossen und ganzen nicht besonders gute Resultate liefern, wenn es sich um die Konservirung von Plasmastructuren in ausgewachsenen vegetativen Zellen mit dünnem Plasmaschlauch und grosser Vacuole handelt. Allem Anscheine nach sind die Bedingungen für eine gute Erhaltung der plasmatischen Structuren viel günstiger in den embryonalen Zellen, in denen keine oder relativ kleine Vacuolen vorhanden sind, und wo die geformten Bestandteile des Protoplasten bei der Fixirung im koagulirenden Cytoplasma eingebettet werden. Dagegen ist es kaum zu verwundern, wenn in Zellen mit sehr dünnem und von einem oft erheblichen Turgordruck gespannten Plasmaschlauch schon die bei der Fixirung eintretende Aufhebung der Semipermeabilität des Hyaloplasmas innere Gleichgewichtsstörungen hervorruft, die ihrerseits die Desorganisation gewisser morphologischer Differenzirungen bewirken können. In dieser Weise glaube ich, dass die grossen Schwierigkeiten, welche z. B. die Erhaltung der feineren Structuren in den Mesophyllzellen der Blätter [1]) fast allen Fixirungsmethoden entgegenstellt, zu erklären sind. Hiermit stimmt es auch überein, dass Zellen mit geringen Turgorwerten (Wasserpflanzen, *Crassulacéen*) sich relativ leicht fixiren lassen.

Im Allgemeinen hat sich nun das schon eingangs erwähnte Verfahren: Fixirung der Schnitte (nicht Gewebestücke) und vorsichtige Härtung durch steigenden Alkohol [2]), vorzüglich bewährt. In dieser Weise ist es mir in vielen Fällen gelungen, plasmatische Structuren, die mit den sonst üblichen Fixirungsmethoden [3]) fast regelmässig zerstört wurden, in befriedigender Weise zu fixiren, und zwar meistens ohne dass die Färbbarkeit in störender Weise herabgesetzt wurde. Durch welche Faktoren diese günstigen Resultate erzielt werden, lässt sich gegenwärtig nicht sicher überblicken. Die lipoidlösliche und demgemäss leicht eindringende Osmiumsäure verändert offenbar die Quellbarkeit der plasmatischen Eiweissstoffe derartig,

---

[1]) Besonders in den Palissadzellen der Laubblätter herrscht oft ein auffallend hoher Turgordruck, so dass diese Zellen oft erst von 7—10-prozentigen KNO^3-Lösungen plasmolysirt werden. Dagegen zeigen die Zellen der vorwiegend stärke-führenden Zwiebeln und Rhizome relativ niedrige Turgorwerte.

[2]) In gewissen Fällen hat es sich vorteilhaft erwiesen, die Schnitte in 40-prozentigen Alkohol über Nacht verweilen zu lassen.

[3]) Fixirung mit Osmiumdämpfen und nachträgliche Härtung in abs. Alkohol wurde im Anfang der Neunzigerjahre von Guignard und Belajeff für pflanzliche Spermatozoiden verwendet; diese Methode, welche für Zellgewebe höherer Pflanzen wohl selten benutzt wurde, scheint aber gegenwärtig ganz aus der Mode gekommen zu sein.

dass die vitale Architektur in ihren gröberen Umrissen vorübergehend eine gewisse Stabilität erhält [1]), die dann durch die Einwirkung des allmählich ansteigenden Alkohols definitiv erhalten wird. Es ist aber zu bemerken, dass Osmiumdämpfe eine viel günstigere Wirkung ausüben als gelöste Osmiumsäure. Dies steht offenbar im Einklang mit der von KURZWELLY [2]) gemachten Erfahrung, dass giftige Stoffe im allgemeinen dampfförmig intensiver wirken als im flüssigen Zustande; auch sind wohl die Bedingungen für eine postmortale Erhaltung der Plasmastructuren etwas günstiger, wenn von aussen kein Wasser in die Zelle eindringt. Die vorzügliche Wirkung des allmählich ansteigenden Alkohols beruht wohl teilweise auf der überaus grossen Leichtigkeit, womit der Alkohol in die Zelle eindringt; versetzt man den Alkohol mit einem langsamer eindringenden, aber sonst eiweissfällenden Stoff, etwa Pikrinsäure, so wird die günstige Wirkung des Alkohols fast aufgehoben, und die Fixirung fällt meistens recht schlecht aus. Entscheidend ist aber die Vorbehandlung mit Osmiumsäure, denn ohne diese ist der Alkohol, in welcher Konzentration er auch verwendet werden mag, nicht im Stande, die uns interessirenden Structuren zu konserviren. Dagegen gelingt es unter Umständen, einigermassen befriedigende Resultate mit FLEMMINGS oder HERMANN's Gemisch resp. mit Sublimatalkohol oder Eisessigalkohol zu bekommen, doch ist man nach meinen Erfahrungen in diesem Falle gar zu sehr dem Zufall überlassen; wenigstens kann man nie mit Bestimmtheit darauf rechnen, mit den erwähnten Fixirungsmitteln eine wirklich gute Konservirung der Kernausläufer resp. der Verbindungsfäden zu bekommen.

Unter solchen Umständen könnte man sich vielleicht die Frage vorlegen, ob denn alle diejenigen Bilder, die eben durch Behandlung mit FLEMMINGS, HERMANNS Gemisch u. s. w. erhalten worden, mit derartigen Mängeln beheftet sind. Dies ist nun meiner Ansicht nach keineswegs *allgemein* der Fall. Ich will bei dieser Gelegenheit nicht auf die durch ALFRED FISCHERS bekannte Buch [3]) angeregten, jetzt aber zum guten Teil erledigten Streitfragen eingehen, sondern begnüge mich mit dem schon gemachten Hinweis, dass die Bedingungen einer relativ guten Fixirung allem Anschein nach viel günstiger sind, wenn es sich um Zellen embryonaler und meristematischer Gewebe handelt, als wenn die zu fixirenden Zellen schon das Streckungsstadium durchgemacht haben und also der relativ dünne Plasmaschlauch von einem grossen Saftraum gespannt wird. Nun beschäftigt sich bekanntlich die gegenwärtige Cytologie in erster Linie mit den Jugendstadien der Pflanzenzellen sowie mit den ähnlich gebauten Fortpflanzungzellen, und gerade diesem Umstande dürften die mit den gebräuchlichen Fixirungsmitteln erhaltenen Bilder einen guten Teil ihres unbestreitbaren Wahrheitsgehalts verdanken. Indessen glaube ich, dass die von mir benutzte Methode sich in manchen Fällen auch für die Fixirung embryonaler und meristematischer Gewebe eignen wird, vorausgesetzt dass der

---

[1]) Ueber die sonstigen Wirkungen der Osmiumsäure vgl. S. 8.

[2]) KURZWELLY, Ueber die Widerstandsfähigkeit trockener pflanzlicher Organismen gegen giftige Stoffe, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. 38 S. 291 u. ff.

[3]) Ueber Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas (1898).

Osmiumdampf schnell genug eindringen kann. Von Hyacinthenwurzeln erhielt ich durch Behandlung mit Osmiumdampf (15 Sekunden) und nachträgliche Ueberführung durch steigenden Alkohol Mikrotompräparate, in denen die Fixirung sowohl der Karyokinesen wie der ruhenden Kerne entschieden besser gelungen war als mit irgend einem anderen Fixirungsmittel.

II. Die morphologischen Ergebnisse.

Die durch die vorgehende Untersuchung gewonnenen morphologischen Resultate können in folgender Weise formulirt werden:

In den *Epidermiszellen* der untersuchten Gefässpflanzen sind die Chloroplasten (wenn überhaupt vorhanden) mit dem Zellkern durch besonders differenzirte Plasmafäden verbunden, und zwar sind diese Verbindungsfäden entweder direkte Kernfortsätze, so dass sie ohne sichtbare Grenze in die Kernsubstanz übergehen, oder sie nehmen ihren Ursprung direkt von der Kernmembran, mit der sie auch in Bezug auf das Verhalten gegen Farbstoffe übereinstimmen. Diese Verhältnisse sprechen dafür, dass die betreffenden Verbindungsfäden dem Kinoplasma (im Strasburgerschen Sinne) beizuzählen sind. Nicht selten sind in den Epidermiszellen einige Chloroplasten mit dem Zellkern verwachsen oder in ihm eingesenkt; diejenigen Chloroplasten, welche mit dem Zellkern nicht in direkter Verbindung stehen, communiciren doch meistens teils mit den direkt verbundenen, teils unter sich, und zwar durch Plasmafäden, welche abgesehen von der geringeren Mächtigkeit vollkommen mit den vom Zellkern ausgehenden Kinoplasmafasern übereinstimmen.

Kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chloroplasten welche mit denjenigen der Epidermiszellen vollkommen übereinstimmten, konnten in mehreren Fällen auch im *Assimilationsgewebe der Blätter* sowie im *assimilirenden Rindenparenchym* nachgewiesen werden. Auch die *Elaioplasten* stehen, wenigstens in dem näher untersuchten Falle *(Hæmanthus)*, durch analoge Kinoplasmafäden mit dem Zellkern in Verbindung.

In den *stärkehaltigen Speichergeweben von Rhizomen und Zwiebeln* sind die von Leukoplasten umgebenen Stärkekörner, wenigstens zeitweise, durch analoge von der Kernmembran ausgehende oder als direkte Kernfortsätze auftretende Ausläufer mit dem Zellkern verbunden. Diejenigen Stärkekörner, welche nicht mit dem Kern direkt verbunden sind, kommuniciren vielfach unter sich durch ähnliche Kinoplasmafäden.

Wenn ich im Vorigen die öfters erwähnten Verbindungsfäden als *kinoplasmatisch* bezeichnet habe, so geschah dies nicht, um den betreffenden Differenzierungen irgend eine bestimmte physiologische Function zu imputiren; der Ausdruck kinoplasmatisch ist hier vielmehr in erster Linie als morphologischer Terminus gebraucht worden. Allerdings hat Strasburger, dem wir die Einführung dieses Schlagwortes verdanken, das Wort Kinoplasma zuerst gebraucht für »denjenigen hyalinen Bestandteil des Protoplasmas, an dem sich die activen Bewegungsvorgänge

abspielen, dessen Bewegungen aber unter dem Einfluss der kinetischen Centren stehen» [1]. In Gegensatz zum eigentlichen Nährplasma, das Trophoplasma, welches nach STRASBURGER Wabenbau aufzeigt, soll das Kinoplasma eine fädige Structur besitzen, und ist insofern auch morphologisch charakterisirt; der Hauptsache nach scheint aber das STRASBURGERsche Kinoplasma, wenigstens in seiner ursprünglichen Fassung, ein physiologischer Begriff zu sein, und deshalb ist auch dieser Terminus von PFEFFER gerügt worden, weil man damit »eine bestimmte active Tätigkeit kennzeichnen will, die zudem nur auf Grund von formalen Gestaltungen supponirt, aber real in keiner Weise erwiesen wird» [2]. Vor kurzem hat STRASBURGER auch die Berechtigung der PFEFFERschen Kritik zugegeben [3], doch meint er, dass das Wort Kinoplasma, wenn auch im erweiterten Sinne, noch zu gebrauchen sei, weil es einem vorhandenen Bedürfnis zu entsprechen scheint. In diesem erweiterten Sinne umfasst das STRASBURGERsche Kinoplasma sowohl die Kernwandung, welche dem Cytoplasma angehört, wie auch die Hautschicht der Zelle; diese Elemente zeigen nämlich »solche Beziehungen zu der Substanz der Spindelfasern und Verbindungsfäden, dass ihre Vereinigung mit diesen geboten schien» [4]. Ausserdem gehören von den Elementen des ruhenden Kernes auch die von MIEHE in den Epidermiszellen von *Hyacinthus* entdeckten Verbindungsfäden, die der Kern mit der Hautschicht verbinden, zum Kinoplasma [5].

Wenn man diese Terminologie gelten lässt — und ich glaube, man hat dazu gute Gründe — so ist es einleuchtend, dass die in dieser Arbeit geschilderten Verbindungsfäden, wenigstens in den meisten Fällen, als kinoplasmatische zu bezeichnen sind, obne das damit etwas über ihre Funktion ausgesagt werden soll. Denn die betreffenden Verbindungsfäden sind entweder, ganz wie die MIEHEschen Aufhängefasern, direkte Kernfortsätze, welche ohne sichtbare Grenze in den Kern übergehen *(Ranunculus, Anemone, Pyrola, Aucuba, Galanthus, Narcissus, Asplenium, Selaginella)* oder es sind von der Kernmembran ausgehende und mit dieser stofflich identische (oder doch sehr verwandte) Ausläufer, die sich gegen das übrige Protoplasma deutlich abheben *(Solanum, Rumex, Sempervivum, Hyacinthus*zwiebel, *Lilium, Tulipa* u. s. w.). Unter solchen Umständen muss man wohl, wenn man die STRASBURGERsche Terminologie in ihrem jetzigen Sinne überhaupt acceptirt, die betreffenden Verbindungsfäden dem Kinoplasma zurechnen, um so mehr als sie durch ihr Verhalten zu Farbstofflösungen (Aufnahme von Fuchsin aus Fuchsin-Jodgrün-Gemisch, Violettfärbung in Safranin-Gentianaviolett-Orange) auch mit dem sonstigen Verhalten des Kinoplasmas übereinstimmen.

---

[1] STRASBURGER, Ueber das Verhalten des Pollens etc., Histologische Beiträge, Heft IV S. 60.

[2] PFEFFER, Pflanzenphysiologie Bd. I S. 41.

[3] STRASBURGER, Die Ontogenie der Zelle seit 1875, Progressus rei botanicæ Bd. 1, Heft 1 S. 47 (1907).

[4] Die Ontogenie der Zelle S. 47. Vgl. auch Bonner Lehrbuch (1906) S. 51.

[5] Die Ontogenie der Zelle S. 108. Vgl. auch MIEHE l. c.

Eine naheliegende Frage ist aber, wie sich die jetzt abgehandelten Verbindungsfäden zu den gewöhnlichen »Plasmasträngen» verhalten. STRASBURGER hebt selbst hervor [1]), dass »mit den Fäden, welche das active Kinoplasma bildet, fadenförmig getrennte Trophoplasmamassen nicht verglichen werden dürfen, wie solche den Saftraum pflanzlicher Zellen durchsetzen», denn »derartige Trophoplasmafäden bleiben stets zurück, wenn der Zellkern bei Ausbildung des Saftraumes innerhalb dieses verharrt, statt in wandständige Lage zu rücken». Die Tatsache, dass der Zellkern in den meisten der vorhin behandelten Fällen tatsächlich eine wandständige Lage eingenommen hat, kann an und für sich schwerlich als Beweis gegen die trophoplasmatische Natur der Verbindungsfasern ausreichen; entscheidend ist hier aber in erster Linie der organische Zusammenhang mit dem Zellkern, resp. mit der Kernmembran. Doch soll es nicht in Abrede gestellt werden, dass es Fälle giebt, wo die Mächtigkeit und teilweise granulirte Beschaffenheit der Verbindungsfäden so lebhaft an gewöhnliche Plasmastränge erinnert, dass man beim ersten Blicke wenigstens geneigt wird, die betreffenden Structuren dem Trophoplasma beizuzählen. Diese Auffassung erhält oft eine scheinbare Stütze, wenn man die einschlägigen Verhältnisse an Alkoholmaterial studirt. In den lebenden Epidermiszellen von *Tulipa* z. B. sieht man schon bei mässiger Vergrösserung die vom Kern ausgehenden Fasern, deren nähere Relationen zur Kernmembran am lebenden Material wenig deutlich hervortreten und die durch ihre Mächtigkeit gleich an die traditionellen Plasmastränge, d. h. Trophoplasmastränge, erinnern. Werden nun diese Zellen z. B. in Alkohol fixirt, so umgiebt sich der Kern mit einer dunklen, scharf kontourirten Membran, die wenigstens teilweise ganz sicher ein Artefact ist, und der Zusammenhang zwischen dem Kern und den meistens durch die Alkoholeinwirkung mehr oder minder desorganisirten Ausläufern wird derartig gelockert oder vernichtet, dass ein ganz irreführendes Bild entsteht, indem die Ausläufer, wenn sie überhaupt noch zu sehen sind, sich als Plasmastränge ohne organische Verbindung mit dem Kern präsentiren. Wie der Alkohol wirken auch andere Fixirungsmittel z. B. das FLEMMINGsche, KAISERsche Gemisch u. s. w.

Indessen scheint es kaum möglich, eine scharfe Grenze zu ziehen zwischen solchen Kernausläufer, die unzweifelhaft als kinoplasmatisch zu bezeichnen (u. A. weil sie kontinuirlich in den Kern übergehen) und solche von der Zellkerngegend ausstrahlenden Strängen, die vorwiegend trophoplasmatischer Natur sind. Sogar in Nachbarzellen eines bestimmten Gewebes, z. B. in den peripher gelegenen Zellen der Kartoffelknolle, findet man zwischen Zellkern und Leukoplasten teils hyalin-homogene Verbindungsfäden, welche ohne Grenze in die dünne ebenfalls hyaline Kernmembran übergehen, teils gröbere, in ihrem centralen Teile grobgranulirte Stränge, welche centripetal zu einer den Kern umgebenden, relativ dicken Hülle zusammenstrahlen (Vgl. Fig. 9, 10, 10 b); im ersterem Falle handelt es sich offenbar

[1]) Ueber Cytoplasmastructuren, Kern- und Zellteilung, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. XXX (1897) p. 377.

um typisch kinoplasmatische Fasern, im letzteren Falle hat man wohl Gebilde vor sich, die sowohl aus Kinoplasma wie Trophoplasma bestehen [1]). Nun können aber die Verbindungsfäden von Zeit zu Zeit erhebliche Veränderungen untergehen, die sich am lebenden Material unter dem Mikroskop direkt verfolgen lassen: sie können, wie vorhin geschildert wurde, lokal anschwellen, was gewöhnlich mit einer eintretenden Granulirung des Inhalts verbunden ist, oder sie können bis zur Unsichtbarkeit reduzirt werden. Wenn diese sich oft in auffallend raschem Tempo abspielenden Veränderungen in bestimmten Fällen als Folgeerscheinungen eines traumatischen Reizes zu betrachten sind, so lässt sich doch kaum bezweifeln, dass auch im normalen Leben der Pflanze derartige Transformationen gelegentlich vorkommen, und auch von diesem Gesichtspunkte scheint es geboten, die betreffenden Structuren nicht allzu schematisch aufzufassen. Übrigens hat ja Pfeffer schon vor Jahren darauf hingewiesen [2]), dass »ein Wechsel des Aggregatzustandes, wie ihn etwa Gelatine beim Erwärmen und Erkalten durchmacht, voraussichtlich vielfach eine Rolle im Dienste des Lebensgetriebes spielt», und dass demgemäss »einzelne Stoffteilchen, etwa Eiweissmolecüle abwechselnd im flüssigen und festeren Zustande vorhanden sind». Wenn man die Veränderungen, welche die Verbindungsfäden in gewissen Fällen erfahren, genau unter dem Mikroskop verfolgt, bekommt man oft den Eindruck, dass gerade ein solcher Wechsel des Aggregatzustandes hier mit im Spiele ist.

Ein Umstand, der ebenfalls für die kinoplasmatische Natur der hier abgehandelten Diffenzirungen spricht, ist ihr Verhalten gegenüber der Temperatur. In solchen Pflanzenteilen, welche eine Zeit lang niederer Temperatur ausgesetzt waren resp. im Winter direkt aus dem Freien geholt wurden, erwiesen sich die betreffenden Structuren meistens schwach ausgebildet, wenn sie auch in gewissen Fällen recht deutlich zu sehen waren; dagegen bewirkte die Wärmezufuhr fast immer eine Erstarkung und numerische Zunahme der Verbindungsfäden. Auch in dieser Hinsicht besitzen also die Verbindungsfäden die Eigenschaften des typischen Kinoplasmas [3]).

In diesem Zusammenhange mögen auch die von Nemec beschriebenen »reizleitenden Structuren» Erwähnung finden. Haberlandt, der die betreffenden Structuren zuerst als kinoplasmatische Fasern auffassen wollte, gab später diese Auffassung auf, u. A. weil er in den betreffenden Strängen bei *Allium* eine lebhafte Plasmaströmung vorfand. Obgleich das Vorhandensein einer Plasmaströmung an und für sich nicht gern ein Argument gegen die kinoplasmatische Natur eines

[1]) Dies dürfte auch der Fall sein mit den in den *Orchis*knollen von der Kerngegend ausstrahlenden, meistens oft dicken Plasmasträngen; in manchen von diesen Strängen scheint eine morphologische Differenzirung in Kino- und Trophoplasma nicht vorhanden sein, andererzeits habe ich bisweilen eben in diesen Zellen eine deutliche Differenzirung innerhalb der betreffenden Elemente wahrgenommen, indem die dicken Trophoplasmastränge von feinen central verlaufenden Kinoplasmafäden durchsetzt waren.

[2]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. I S. 38.

[3]) Vgl. hierüber Strasburger, Die Ontogenie der Zelle S. 79.

Zellbestandteiles sein kann — sahen wir doch vorhin, dass in den MIEHEschen Kinoplasmafasern (bei *Hyacinthus*) gelegentlich eine recht lebhafte Strömung auftreten kann — so glaube ich doch, auch auf Grund eigener Beobachtungen, dass HABERLANDTS Ansicht über die Natur der betreffenden Structuren bei dem von ihm untersuchten Objekte (Wurzel von *Allium Cepa*) das richtige trifft, und dass es sich also hier um »längsfaserige Structuren strömenden (Tropho-)Plasmas» handelt. Andererseits meine ich aber sicher behaupten zu können, dass einige von den von NEMEC beschriebenen Structuren wirklich kinoplasmatischer Natur sind und überhaupt den in dieser Arbeit behandelten Differenzirungen entsprechen. Es gilt dies vielleicht in erster Linie von den der Wurzel des *Asplenium decussatum* [1]) entnommenen Bildern, aber auch andere Objekte z. B. die Zellen aus der Wurzel von *Equisetum arvense*, *Zannichellia palustris* lassen [2]) unzweideutige Beziehungen zu den uns interessirenden Structuren erkennen. In allen diesen Fällen handelt es sich um von dem Kern ausgehende Stränge, welche doch keinerlei Beziehungen zu den Chromatophoren zeigen.

Von trophoplasmatischen Ansammlungen im gewöhnlichen Sinne bestimmt verschieden sind auch diejenigen plasmatischen Gebilde, die besonders schön in den Zwiebeln von *Tulipa* und *Lilium* aufgefunden wurden, und die zum guten Teil aus durch eine cytoplasmatische Zwischensubstanz zusammengekitteten Leukoplasten bestehen. Da diese Zwischensubstanz, in der die Leukoplasten oft bis zur Unsichtbarkeit eingebettet liegen, einerseits in die Kernmembran, andererseits in typische »Aufhängefasern» übergeht, so muss sie wohl auch als Kinoplasma angesprochen werden. Dass das Kinoplasma eine bestimmte Neigung hat sich um den Kern anzusammeln hat übrigens STRASBURGER schon vor Jahren hervorgehoben [3]).

Was schliesslich *die chemische Qualität* der die Verbindungsfäden aufbauenden Eiweissstoffe betrifft, so wird man es sicher verständlich finden, wenn ich mit Rücksicht auf diesen Punkt vorläufig den Standpunkt des Agnostikers einnehme. Denn so lange wir z. B. über die Natur der in den Laubblättern vorhandenen Proteinstoffe gar nichts sicheres wissen [4]), wäre es doch recht verfehlt, wollte man z. B. mit den von ZACHARIAS eingeführten mikrochemischen Methoden Aufschlüsse über die chemische Natur der in den Epidermiszellen von *Hyacinthus* vorhandenen Kinoplasmafasern bekommen. Denn wenn auch der von ZACHARIAS angewiesene Weg in bestimmten Fällen zu sehr beachtenswerten Resultaten geführt hat, so liegen die Verhältnisse doch wesentlich anders, wenn es sich um ausgewachsene vegetative Zellen handelt, deren Plasmaschlauch zuerst der oxydirenden Wirkung der Osmiumsäure, dann der fällenden Wirkung des Alkohols und obendrein dem unkontrollirbaren Gemisch der im Zellsaft gelösten Pflanzensäuren, Gerbstoffe u. s. w. aus-

[1]) NEMEC, l. c. Taf. I, Fig. 4.
[2]) NEMEC, l. c. Taf. I, Fig. 13 u. Fig. 3; auch Taf. I, Fig. 1 bei X.
[3]) STRASBURGER, Histologische Beiträge Heft 5 S. 102.
[4]) Vgl. CZAPEK, Biochemie Bd. II S. 201.

gesetzt wurde. In Anbetracht dieser Verhältnisse und bei gleichzeitiger Berücksichtigung der gegenwärtigen Lage der pflanzlichen Eiweisschemie, habe ich es von vornherein für ziemlich aussichtslos gehalten, auf mikrochemischem Wege einige Aufschlüsse über die chemische Natur der hier abgehandelten Structuren zu gewinnen und verzichte auf die Erwähnung meiner in dieser Richtung gemachten bisjetzt erfolglosen Versuche. Dass die betreffenden Differenzirungen aus dem rotblauen Gemisch das Fuchsin, aus einer Safranin-Gentianaviolettlösung mit Vorliebe den letzeren Farbstoff aufnehmen, besagt natürlich in chemischer Hinsicht gar nichts.

Wollen wir nach diesen Auseinandersetzungen die gewonnenen Ergebnisse noch einmal in aller Kürze zusammenfassen, so können wir also sagen, dass in *den untersuchten Fällen* der Zellkern von einer kinoplasmatischen Hülle (Membran) umgeben ist, welche sich in — ebenfalls kinoplasmatische — Ausläufer fortsetzt, die den Zellkern einerseits mit den Chloroplasten resp. Leuko- oder Elaioplasten, andererseits mit dem Hyaloplasma [1]) verbinden. In dieser Weise wird also der Zellkern durch morphologisch differenzirte Elemente sowohl mit der Hautschicht wie mit den vorwiegend nutritiv wirksamen Chromatophoren verbunden. Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass diese Befunde sehr wohl mit den allgemeinen Anschauungen harmoniren, die Strasburger in den letzten Jahren über das Verhalten des Kinoplasmas zum Zellkern entwickelt hat, giebt er doch in jüngster Zeit an, dass der Zellkern in embryonalen und meristematischen Geweben *normal* mit dem Hyaloplasma durch Kinoplasmafäden verbunden ist [2]). Dass vielfach auch in ausgewachsenen Zellen analoge Verbindungsfäden nicht nur zwischen Zellkern und Hyaloplasma, sondern auch zwischen Zellkern und Chromatophoren existiren, scheint indessen dem berühmten Bonner-Forscher bisjetzt entgangen zu sein.

Eine Frage, die natürlich von grösster Wichtigkeit ist, betrifft die Verbreitung der hier beschriebenen Structuren im Pflanzenreich. Handelt es sich um Ausnahmefälle, oder ist der Zellkern normalerweise durch besondere Kinoplasmafäden mit den Chromatophoren verbunden? Ich glaube, die letztere Alternative ist die wahrscheinlichere, wenn man die Einschränkung macht, dass die Ausbildung der fraglichen Structuren sowohl von inneren Bedingungen (Altersstadium, Winterruhe u. s. w.) wie von äusseren Umständen (Temperatur, traumatischer Reiz u. s. w.) beeinflusst wird. Denn für die allgemeine Verbreitung dieser Structurverhältnisse — wenigstens bei den höheren Pflanzen — spricht recht deutlich der Umstand, dass ganz analoge Befunde bei systematisch sehr fernstehenden, auf geradewohl herangezogenen Pflanzen gemacht wurden; man vergleiche nur die Structuren

---

[1]) Diese Fasern wurden, als schon durch Miehe u. A. relativ bekannt, in dieser Arbeit weniger berücksichtigt.

[2]) Die Ontogenie der Zelle (1907) S. 93.

einerseits in den Speicherorganen von *Solanum tuberosum*, *Anemone nemorosa*, *Lilium candidum*, *Tulipa Gesneriana* und *Galanthus nivalis*, andererseits in den chlorophyllführenden Zellen von *Aucuba japonica*, *Ranunculus Lingua* und *Pyrola minor*! Dass indessen sich auch die Verhältnisse innerhalb der Zelle anders gestalten können lehren ja die vorhin erwähnten Statocysten von *Hyacinthus* (Vgl. S. 22), und auch in alternden Zellen scheint der organische Zusammenhang zwischen Zellkern und Chromatophoren allmählich gelockert resp. vernichtet zu werden. Andererseits ist es klar, dass wenn die Chloroplasten so dicht an einander und an dem Zellkern liegen wie es in z. B. in manchen Palissadenzellen der Fall ist, besondere Verbindungsfäden überflüssig werden.

Wie sich die mit Chromatophoren ausgerüsteten Thallophyten in der uns interessirenden Beziehung verhalten, habe ich nicht untersucht, halte es aber auf Grund der schon eingangs erwähnten Litteraturangaben für recht wahrscheinlich, dass auch bei den Algen analoge Structurverhältnisse vorhanden sind.

III. Die physiologische Bedeutung der kinoplasmatischen Verbindungsfäden.

Es wurde in der vorigen Darstellung absichtlich darauf verzichtet, irgendwelche Hypothesen über die physiologische Rolle der in dieser Arbeit beschriebenen Verbindungsfäden aufzustellen, weil es bekanntlich immer eine missliche Sache ist, morphologische Tatsachen ohne weiteres physiologisch verwerten zu wollen. Übrigens ist es auch zu bedenken, dass die Rolle des Zellkerns in vorwiegend nutritiv tätigen Zellen noch keineswegs aufgeklärt ist, und ob z. B. die Chloroplasten an der in den Blättern *voraussichtlich* normal stattfindenden Eiweisssynthese beteiligt sind, wissen wir gegenwärtig nicht [1]), wenn auch dies uns recht plausibel vorkommt. Aber auch wenn das tatsächlich der Fall sein würde, wäre es ja doch keineswegs ausgeschlossen, dass der Zellkern, wie Strasburger schon vor Jahren vermutete, zur Bildung der Eiweissstoffe in Verbindung stehe [2]). Auch die Frage von dem Einfluss des Kerns auf Chlorophyll- und Fermentbildung in der Zelle u. s. w. schwebt noch völlig in der Luft.

Immerhin wurden im Vorigen einige Beobachtungen mitgeteilt, welche, wenn sie auch an und für sich wenig beweisen, doch als Anregung zu experimentellen Untersuchungen einiges Interesse beanspruchen können. Ich denke dabei in erster Linie an die S. 13 erwähnten Bewegungen der Chloroplasten, bei denen die Verbindungsfäden offenbar eine gewisse Rolle spielen, und zwar nicht nur als passive Translocationsbahnen, sondern anscheinend auch als aktiv wirksame Bewegungsmechanismen. Wenigstens erhielt ich durch genaue Beobachtung der einschlägigen Verhältnisse bei *Ranunculus Lingua* den bestimmten Eindruck, dass die Chloro-

[1]) Vgl. Czapek, Biochemie Bd. II S. 204 u. ff.

[2]) Strasburger, Zellbildung u. Zellteilung, 3 Aufl., S. 371.

plasten durch lokal auftretende und sich nach einer bestimmten Richtung hin ausbreitende Anschwellungen der Verbindungsfäden nach dem Kern (oder von ihm weg) befördert wurden. Auch lenkten die betreffenden Vorgänge unwillkürlich den Gedanken auf die von PFEFFER [1]) hervorgehobene Möglichkeit eines Wechsels des Aggregatzustandes, wobei die Eiweissmolecüle abwechselnd in flüssigem und in festerem Zustande vorhanden sind. Dass ein solcher Wechsel des Aggregatzustandes Translocationen, etwa von Chloroplasten, innerhalb des Protoplasten bewirken könne, lässt sich wohl kaum bezweifeln, doch liegt ein näheres Eingehen auf diese Verhältnisse ausserhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit.

Ausserdem scheint es sehr plausibel, dass der Stoffaustausch zwischen Kern und Cytoplasma resp. zwischen Kern und Chromatophoren, wenn ein solcher überhaupt stattfindet, durch die mehrfach erwähnten Verbindungsfäden vermittelt wird. Ich denke hierbei an die mikroskopisch nicht wahrnehmbare Aufnahme resp. Abgabe gelöster Stoffe; denn die in den Kinoplasmafäden bisweilen auftretende Plasmaströmung scheint nur in den Fäden selbst und in der dem Cytoplasma angehörigen Kernmembran aufzutreten; ein mikroskopisch wahrnehmbares Hinaustreten der eigentlichen Kernsubstanz in die Kinoplasmafäden ist mir nur in Ausnahmefällen begegnet, und dann augenscheinlich als Reaktion auf einen traumatischen Reiz. Eine andere Sache ist es offenbar, wenn der Zellkern amöbenartig in diesen oder jenen Ausläufer hineinkriecht, und in dieser Weise eine Lageveränderung des ganzen Kernes erzielt wird.

Dass übrigens die verschiedenen Reize, welche eventuell vom Zellkern zu den anderen Organen des Protoplasten entsendet werden, durch die in dieser Arbeit beschriebenen Kinoplasmafäden vermittelt werden, erscheint auch recht wahrscheinlich, besonders wenn man sich daran erinnert, dass die betreffenden Structuren den Höhepunkt ihrer morphologischen Differenzierung in solchen Organen resp. Geweben erreichen, wo die Chromatophoren zu besonderen Leistungen aktivirt werden sollen (Chlorophyllbildung in ergrünenden Rhizomen und Zwiebeln, Stärkebildung resp. Stärkeauflösung u. s. w.). Solange wir aber von den physiologischen Beziehungen zwischen Zellkern und Chromatophoren nicht mehr wissen als es gegenwärtig der Fall ist, dürfte es indessen kaum berechtigt sein, die hier abgehandelten Verbindungsfäden als reizleitende Structuren anzusprechen, wenn auch eine solche Annahme manches für sich hat; vielleicht werde ich in absehbarer Zeit in der Lage sein, diese noch ziemlich dunklen Verhältnisse auf experimentellen Wege etwas aufzuhellen.

[1]) PFEFFER, Pflanzenphysiologie Bd. I S. 38.

(Fertiggedruckt 23. März 1908).

Figurerklärung.

Alle Figuren sind nach Camera und mit wenigen Ausnahmen (*Hæmanthus, Tulipa:* Leitz' Obj. 7) mit Zeiss' homog. Immers. gezeichnet.

Tafel I.

Fig. 1, 2, 3. Zellen aus dem Rindenparenchym von *Ranunculus Lingua*. Fixirung nach der Osmium-Alkoholmethode. Die hellen Partien in den Chloroplasten sind Stärkekörner.

» 4. Lebende Zelle aus dem Rindenparenchym von *R. L'ngua.*

» 5. Epidermiszelle aus dem submersen Rhizom von *R. Lingua.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 6, 7. Rhizom von *Anemone nemorosa:* Zellkern von Stärkekörnern umgeben. Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 8. Epidermiszelle aus *Rumex Acetosa.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 9, 10. Zellkerne mit Stärkekörnern aus den peripheren Zellen einer ergrünten Kartoffel. Fixirung: Osmium-Alkohol.

Tafel II.

Fig. 10 b. Zellkern mit Stärkekörnern aus einer ergrünten Kartoffel. Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 11. Zellkern mit Chloroplasten aus einer Epidermiszelle der unteren Blattseite von *Crepis grandiflora.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 12. Epidermiszelle der unteren Blattseite von *Aucuba japonica.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 12 b, 12 c. Zellkerne aus dem Schwammparenchym von *Aucuba viridis.* Osmium-Alkohol.

» 13. Epidermiszelle der unteren Blattseite von *Pyrola minor.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 14. Zellkern mit Chloroplasten aus einer Mesophyllzelle von *Sempervivum arboreum.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 15, 16, 17. Zellkerne mit Stärkekörnern aus den peripheren Zellschichten einer ergrünten Zwiebel von *Hyacinthus orientalis.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 17 b. Zellkern aus einer Statolitenzelle im Stengel von *Hyacinthus.*

» 17 c. Zellkern aus dem Rindenparenchym des Stengels von *Hyacinthus.*

» 18. Epidermiszelle aus dem Blatte von *Hyacinthus orientalis.* Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 19. Zelle aus dem Wurzelplerom von *Hyacinthus orientalis.* Fixirung: Osmium-Alkohol Mikrotombehandlung.

Tafel III.

Fig. 20. Zellkern mit einem zusammengesinterten Haufen von Leukoplasten aus den peripheren Zellschichten einer Zwiebel von *Lilium candidum.*

» 20 b. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Lilium candidum.* Osmium-Alkohol.

» 21. Epidermiszelle aus dem Blatte von *Tulipa Gesneriana.* Osmium-Alkohol.

Fig. 21 b. Zellkern aus einer lädirten Epidermiszelle von *Tulipa Gesneriana*. Der abgerundete, grobgranulirte Kern ist von einer scharf abgesetzten Membran umgeben; ringsum die desorganisirten Reste der Verbindungsfäden.

» 22, 22 b. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Tulipa Gesneriana*. Osmium-Alkohol.

» 22 c, 23. Zellkern mit angewachsenen leukoplasthaltigen Kinoplasmaansammlungen in den peripher gelegenen Zellen der Zwiebel von *Tulipa Gesneriana*. Der Zellkern ist dunkler gehalten. Osmium-Alkohol.

» 24. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Narcissus poeticus*. Osmium-Alkohol.

» 25 a. Zellkern mit Chloroplasten und Verbindungsfäden aus dem Mesophyll von *Rhodea japonica*. Osmium-Alkohol.

» 25 b = 25 a, aber die Zelle vor der Fixirung lädirt, und der Zellkern infolgedessen schlecht fixirt; die Verbindungsfäden mit den Chloroplasten gänzlich zerstört.

» 26, 26 b, 27. Epidermiszellen aus dem Blatte von *Galanthus nivalis*. Osmium-Alkohol.

» 28. Zellkern mit Stärkekörnern aus der Zwiebel von *Galanthus nivalis*. Osmium-Alkohol.

Tafel IV.

Fig. 29, 30, 31, 32. Zellkerne und Elaioplasten aus den Epidermiszellen des Blattes von *Hæmanthus coccineus*. Fixirung: Osmium-Alkohol.

» 33. Zellkern mit Ausläufern und leukoplasthaltigen Kinoplasmaansammlungen aus der Wurzelknolle von *Orchis angustifolia*. Osmium-Alkohol.

» 34. Zelle aus der Wurzelknolle von *Orchis angustifolia* mit einem maulbeerähnlichen Haufen von Stärkekörnern, in dessen Mitte der (auf dem Bilde nicht sichtbare) Zellkern sich befindet.

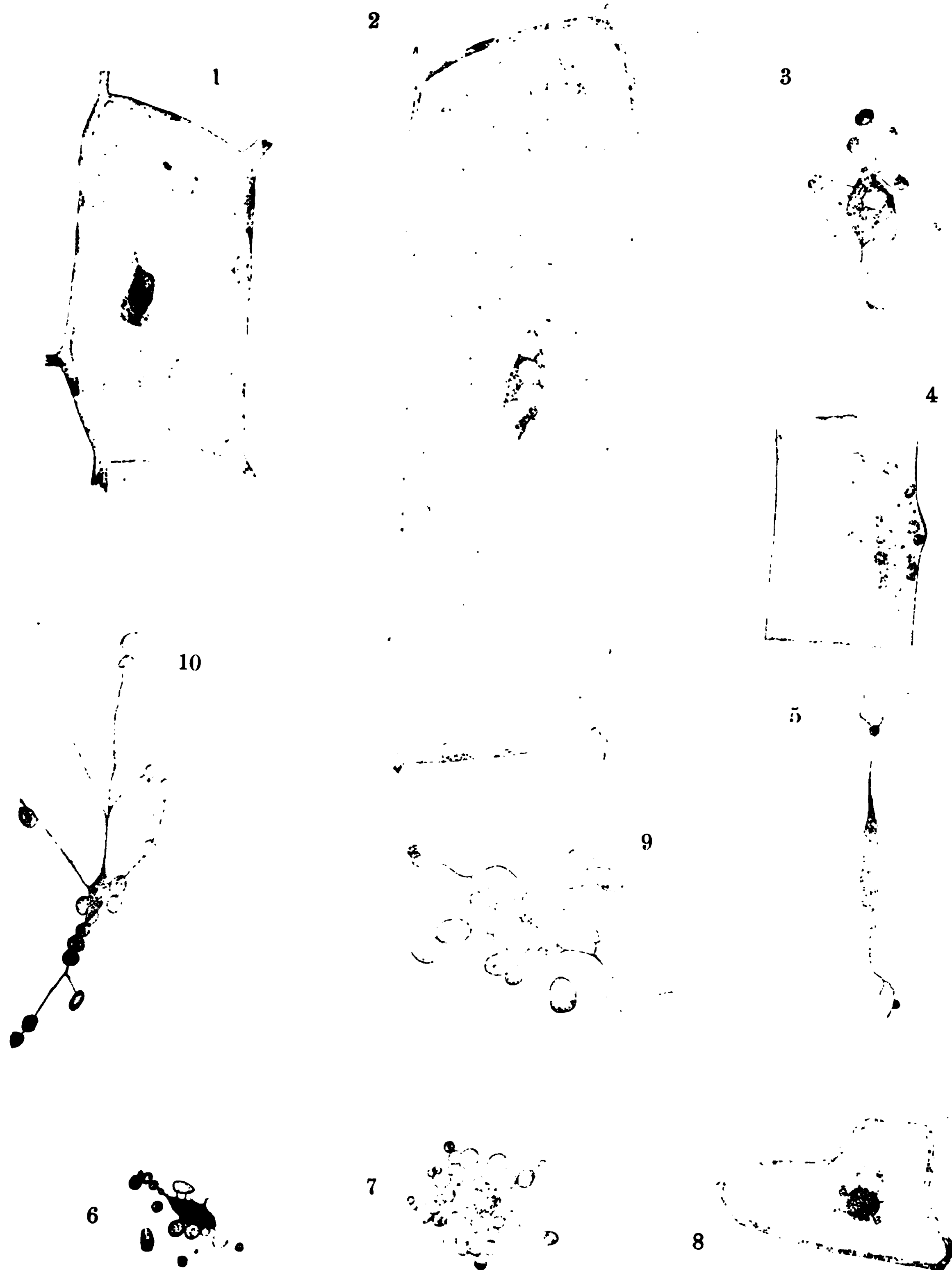
» 35. Zellkern mit Ausläufern aus der chloroplastführenden Epidermis von *Asplenium decussatum*. Osmium-Alkohol.

» 36. Epidermiszellen aus dem Blatte von *Asplenium decussatum*. Rechts oben ein Zellkern mit Fettdegeneration. Osmium-Alkohol.

» 37. Eine Epidermiszelle aus dem Blatte von *Asplenium decussatum*, vor der Fixirung lädirt; die Verbindungsfäden desorganisirt, der Kern abgerundet und von einer scharf abgesetzten Membran umgeben. Osmium-Alkohol.

» 38. Schliesszelle aus dem Blatte von *Asplenium decussatum*.

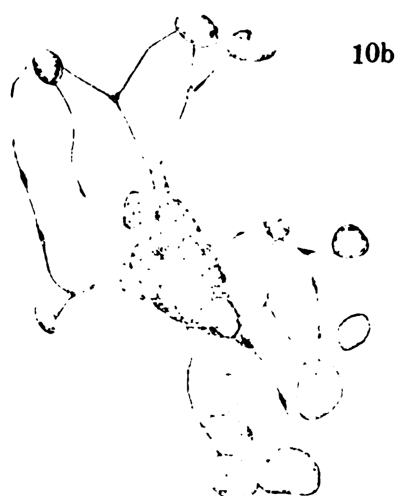
» 39—40. Chloroplastführenden Zellen aus der Rinde von *Selaginella Martensii*.



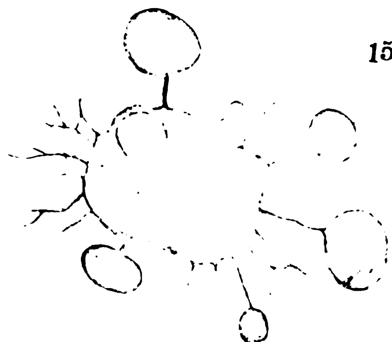
Gezeichn. von Heribert Nilsson.

Håkan Ohlssons boktr., Lund.

10b



15



18



17c 17b

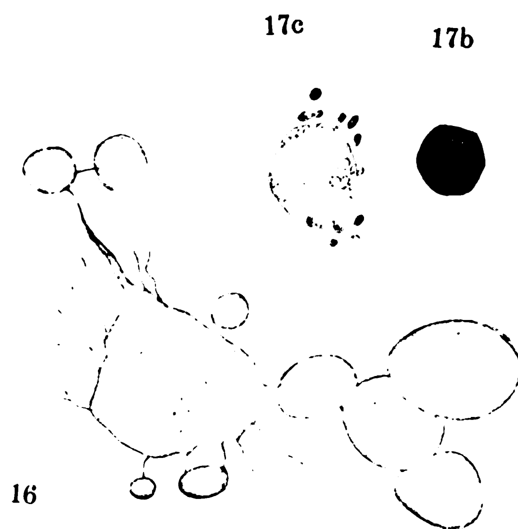


19



11





16

12



12b



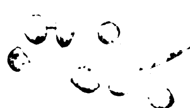
17



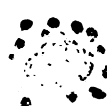
13



12c



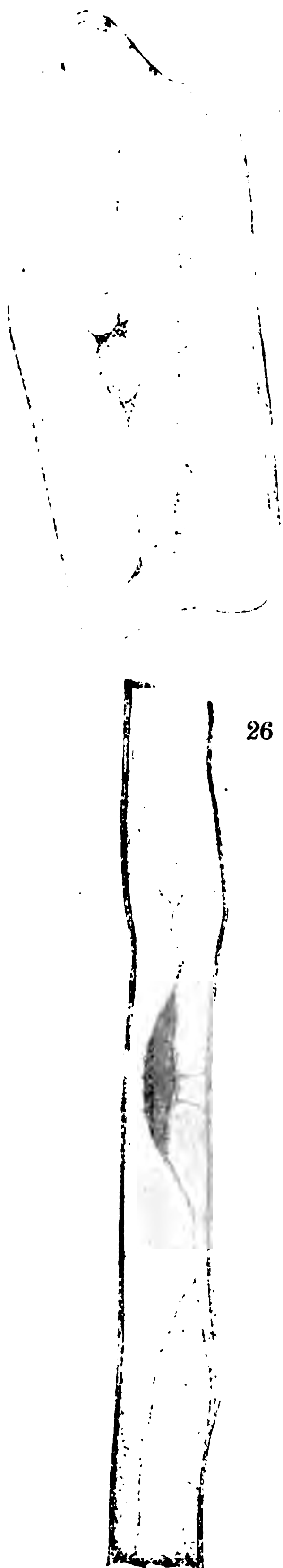
14



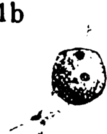
Gezeichn. von Heribert Nilsson.

Håkan Ohlssons boktr., Lund.

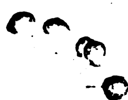
21



21b



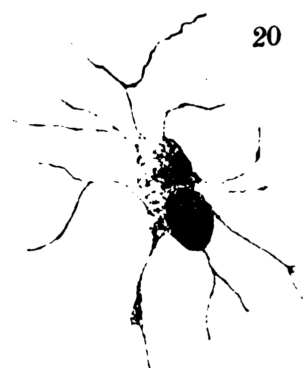
25a



25b



20



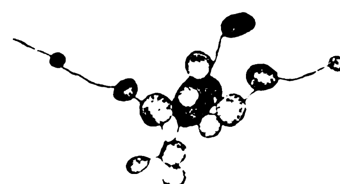
22



22b



20b



22c



23



24



26



26b



27

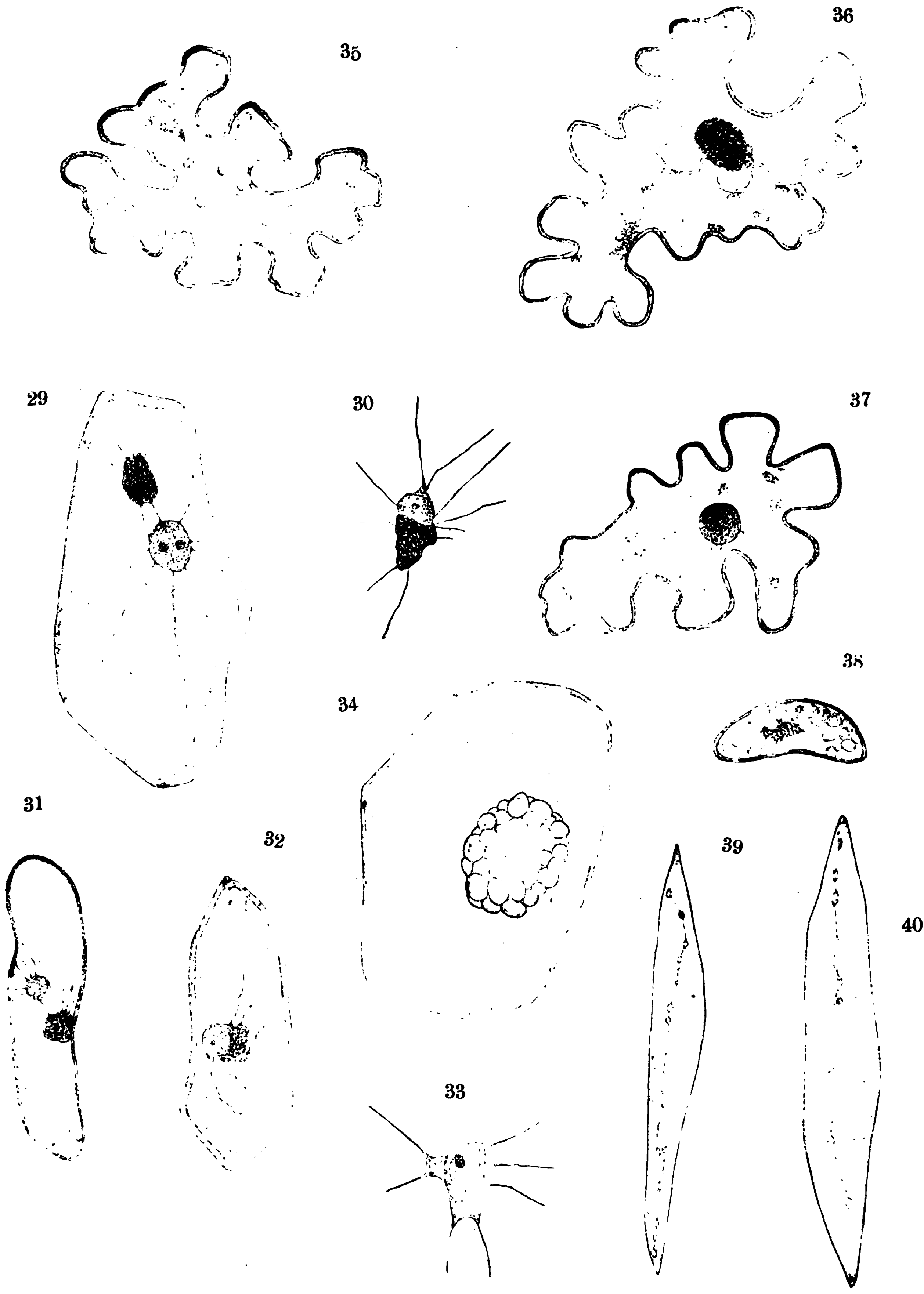


28



Gezeichn. von Heribert Nilsson.

Håkan Ohlssons boktr., Lund



Gezeichn. von HERIBERT NILSSON.

Håkan Ohlssons boktr., Lund.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd. 4. Nr 2.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 2.

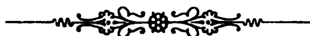
OM NÅGRA FÖRENINGAR

MELLAN

ETYLTIOGLYKOLSYRA OCH KUPROSALTER

AV

LUDWIG RAMBERG



LUND 1908
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

I.

Under loppet av en undersökning angående etyltioglykolsyrans kopparsalter, vars resultat först om någon tid komma att offentliggöras, iakttogs, att en koncentrerad vattenlösning av nämnda syra vid kokning löser betydliga mängder kopparklorur och att lösningen vid avsvalning avsätter kristaller av en förening, som torde kunna anses som ett av etyltioglykolsyrans mest karaktäristiska derivat. Jag föranleddes härav att något närmare undersöka etyltioglykolsyrans föreningar med de vanligaste kuprosalterna för att därigenom dels lämna ett bidrag till nämnda syras karaktäristik, dels ock skaffa ökat material för belysande av den något oklara frågan om den envärda kopparatomens koordinationstal. — Antalet hittills bekanta komplexa kuproföreningar är ej så stort, att ej en ökning av detsamma redan i och för sig skulle ega ett visst intresse. Härtill kommer, att nedan beskrivna föreningar äro representanter för en ganska ofullständigt studerad klass, samt att det i några fall lyckats att bestämma deras molekylvikt i etyltioglykolsyra som lösningsmedel, vilket även innebär ett bidrag till kännedomen om kuprohalogenidernas molekylstorlek i lösning. Däremot har dessa föreningars obeständighet i vattenlösning tyvärr omöjliggjort vissa undersökningar, som skulle varit av stort intresse, t. ex. bestämning av deras elektrolytiska dissociation. Möjligen kunna dylika bestämningar utföras vid vissa andra kuprosulfinföreningar, med vilkas närmare undersökning jag f. n. är sysselsatt.

Om det för framställning av nedan beskrivna föreningar använda utgångsmaterialet är ej mycket att säga. Etyltioglykolsyran framställdes enligt det förfaringssätt, som jag på annat ställe beskrivit [1]). Kopparklorur och -bromur erhöllos genom att inleda svavelsyrlighet i en varm lösning av kopparsulfat och klor- resp. bromkalium; den vackert kristalliniska fällningen tvättades först med svavelsyrlighetsvatten, sedan med isättika, varefter den så hastigt som möjligt torkades först å vattenbad, därpå under kort tid i torkskåp vid 110 °. Preparaten visade efter flera månaders förvaring knappt spår av begynnande oxidation. Kopparjodur och rodanur fälldes med jod- resp. rodankalium ur en kall, med över-

---

[1]) Ber. d. deutschen chem. Ges. *40,* 2588 (1907).

skott av svavelsyrlighetsvatten försatt kopparsulfatlösning. Kuprosulfit framställdes genom att under längre tid behandla dess i stundom ombytt vatten uppslammade ammoniumsulfitdubbelsalt (erhållet genom att inleda svavelsyrlighet i en ammoniakalisk kopparsulfatlösning) med en långsam ström av svavelsyrlighet, tills det bildade röda kristallpulvret under mikroskop visade sig homogent, varefter det tvättades med svavelsyrlighetsvatten och slutligen helt kort med aceton.

Beträffande analyserna må nämnas, att koppar alltid bestämts elektrolytiskt efter föregående avrykning med svavelsyra. Det härvid erhållna kopparsulfatet löstes i 80—100 ccm. vatten, omkr. 2 ccm. rykande salpetersyra tillsattes och lösningen elektrolyserades under användning av en Winklers nätkatod. Svavel har alltid bestämts genom förbränning enl. Klason; ofta har en eventuel halogenhalt bestämts samtidigt. Vid dessa analyser måste rör, skepp och platinarullar naturligtvis sorgfälligt sköljas med utspädd salpetersyra för att nedbringa kopparsalterna i förlaget. Stundom har för halogenbestämning följande enkla metod använts: Substansen övergöts i en bägarkolv med vatten, varefter överskott av silvernitratlösning tillfördes; slutligen tillsattes litet salpetersyra och uppvärmdes över öppen låga, tills kuprosalt och utreducerat silver oxiderats, varefter kolven ställdes på vattenbad, tills halogensilvret fullständigt avsatt sig.

II.

Föreningar med kopparklorur.

1. $CuCl, 2C_2H_5SCH_2COOH$.

Denna förening framställes genom att vid högre temperatur lösa kopparklorur i vattenfri etyltioglykolsyra. Då man emellertid ej genom tvättning kan befria de vid avsvalning utfallande kristallerna från moderluten, alldenstund alla vätskor, som kunde komma i fråga för detta ändamål, antingen sönderdela föreningen eller ytterst lätt lösa densamma, är det av vikt att söka erhålla möjligast välutbildade och från moderlutsinneslutningar fria kristaller. Detta ernås på följande sätt: Kopparklorur löses under uppvärmning i 4 à 5 gånger sin vikt etyltioglykolsyra. Lösningen är i början starkt färgad, om kopparkloruren ej är fullt fri från kuprisalt, men blir vid fortsatt upphettning snart nästan färglös, i det att kuprisaltet reduceras av syran. Efter någon avsvalning placeras den med ett urglas täckta bägare, som innehåller lösningen, i ett paraffinoljebad, vars temperatur hålles vid 40°—45°. Lösningen ympas med ett kristallfragment (som lätt erhålles genom att på ett urglas riva några droppar av lösningen med en glasstav), och tempera-

turen sänkes mycket långsamt till rumstemperatur. Efter ett à två dygn avsugas de avskilda kristallerna hårt och befrias genom upprepad prässning mellan filtrerpapper från vidhängande moderlut, varefter de torkas i vakuumexsiccator över kali. Utbyte omkr. 2.5 ggr den använda kopparklorurens vikt.

Analyser:

1. 0.5046 gr. av föreningen lämnade 0.0939 gr. Cu.
2. 0.2370 gr. substans gav 0.0995 gr. AgCl.
3. 0.2171 gr. substans gav 0.2991 gr. $BaSO_4$.

	Ber. för $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H = 339.3$	Funnet
Cu	18.74 %	18.61 %
Cl	10.45 »	10.38 »
S	18.90 »	18.92 »

Föreningen bildar färglösa, platta prismer, som smälta något oskarpt vid 57°—59°. I torr luft oxideras den ganska långsamt, dock vida hastigare än motsvarande bromid (se sid. 11). I helt litet vatten löses föreningen klart, vid utspädning grumlas lösningen av kopparklorur. På liknande sätt förhåller den sig gent emot alkohol; vid upphettning av en måttligt koncentrerad klar alkohollösning utfaller kopparklorur, men löses åter, åtminstone delvis, vid avkylning. Samma förhållande kan även iakttagas hos föreningens lösning i aceton. I dessa lösningar inställer sig tydligen ett jämnviktstillstånd mellan etyltioglykolsyra, kopparklorur, föreningen $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ och åtminstone *en* förening med mindre än 2 mol. $C_2H_5SCH_2CO_2H$ på 1CuCl[1]). Med stigande temperatur ökas föreningarnas dissociation i CuCl och $C_2H_5SCH_2CO_2H$. Eter och isättika sönderdela föreningen genast, benzol långsammare. Med konc. svavelsyra utvecklas klorväte hastigt redan vid rumstemperatur (se vidare sid. 9). Vid upphettning sönderfaller substansen lätt i kopparklorur och etyltioglykolsyra: 0.2287 gr. lämnade 0.0667 gr. CuCl, ber. 0.0668 gr.; redan å vattenbad sker denna sönderdelning, fastän ganska långsamt.

En approximativ bestämning av kopparklorurs löslighet i etyltioglykolsyra vid rumstemperatur, utförd å moderluten från ovan beskrivna förenings utkristallisering, gav följande resultat: 2.06 gr. lösning lämnade 0.131 gr. Cu; alltså lösa 100 gr. etyltioglykolsyra 11 gr. CuCl. Naturligtvis gör denna bestämning ej anspråk på större noggrannhet.

På grund av föreningens relativt ringa beständighet kan för fastställande av dess molekylvikt ingen annan metod ifrågakomma än bestämning av fryspunktsdepressionen hos dess lösningar i etyltioglykolsyra. Då denna syra är ytterst hygroskopisk och dess fryspunkt ligger tämligen lågt (—8.7[2])), användes följande anordning: En Beckmannapparat med elektromagnetisk omrörare och luftmantel

---

[1]) Ur vattenlösningen kan föreningen $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$ isoleras (se nedan). Det har ej lyckats att ur alkohol- eller acetonlösningen isolera någon motsvarande förening.

[2]) Ber. d. deutsch. Chem. Ges. *40*, 2588 (1907).

nedsattes i en större, försilvrad Dewarbägare, innehållande omkr. en liter alkohol, som medelst fast kolsyra avkyldes c:a 3° under syrans fryspunkt. Badets temperatur mättes med en toluoltermometer, syrans, resp. lösningens, med en vanlig Beckmanntermometer, delad i 0.01°. En oväntad svårighet, härrörande därur att etyltioglykolsyra ej kan bringas till spontan kristallisation förr än vid avkylning till — 15° à — 20°, övervanns genom följande konstgrepp, som torde vara användbart även i andra fall och uppenbarligen är vida överlägset den vanliga »ympningsmetoden», vilken i synnerhet vid hygroskopiska lösningsmedel med låg smältpunkt är svår att använda och ofta medför betydliga fel: Sedan lösningen avkylts 0.5° à 1° under sin fryspunkt, lyftes frysröret, så att lösningens yta kom 1 à 2 cm. över luftmantelns kant, och ett stycke fast kolsyra av ärtstorlek, placerat i en urgröpt kork, prässades mot frysrörets vägg strax under vätskeytan. Genom den starka lokala underkylningen inträdde inom några sekunder kristallisation, varefter röret genast nedsattes i luftmanteln och omröraren (som under den nyss beskrivna processen naturligtvis lämnats i vila) sattes i gång. För bestämning av etyltioglykolsyrans molekulära fryspunktsdepression användes dels sublimerad kamfer, dels naftalin. Resultatet meddelas i följande tabeller. Värdena äro beräknade för 1 mol löst substans på 100 gr. lösningsmedel.

Tab. 1.

Löst substans: kamfer. — Lösningsmedlets vikt: 17.73 gr.

gr. löst sbst.	fryspunkt	depression	mol.-depression
0	1.122°	—	—
0.270	0.580°	0.542°	54.1
0.412	0.295°	0.827°	54.1
		medium	54.1

Tab. 2.

Löst substans: naftalin. — Lösningsmedlets vikt: 18.31 gr.

gr. löst sbst.	fryspunkt	depression	mol.-depression
0	1.151°	—	—
0.175	0.734°	0.417°	55.9
0.287	0.473°	0.678°	55.4
0.445	0.116°	1.035°	54.5
		medium	55.2

I det följande har såsom värde å etyltioglykolsyrans molekulära fryspunktsdepression antagits 54.7. Härur beräknas med van't Hoffs formel dess spec. smältvärme till 25.2 cal./gram.

Tab. 3.

Löst substans: $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$. — Lösningsmedlets vikt: 18.10 gr.

gr. löst sbst.	fryspunkt	depression	molekylvikt
0	1.136°	—	—
0.253	0.928°	0.208°	368
0.363	0.845°	0.291°	377
		medium	372

Tab. 4.

Löst substans: $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$. — Lösningsmedlets vikt: 17.74 gr.

gr. löst sbst.	fryspunkt	depression	molekylvikt
0	1.139°	—	—
0.347	0.842°	0.297°	360
0.473	0.741°	0.398°	367
0.648	0.615°	0.524°	381
		medium	369

Mot formeln $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ svarar molekylvikten 339.8. De funna värdena äro något större (6—12 %) och stiga kontinuerligt med koncentrationen. Om man lineärt extrapolerar molekylviktens värde för koncentrationen 0 (»oändlig utspädning»), finner man ur Tab. 3 värdet 347 och ur Tab. 4 (de två första bestämningarna) talet 341, således i båda fallen mycket nära det teoretiska värdet. De vid högre koncentrationer funna större värdena kunna visserligen bero på en med koncentrationen tilltagande polymerisering av föreningen, men det bör påpekas, att redan de mest utspädda lösningarna äro omkr. $^1/_{20}$-molara, vadan man ej har obetingad rätt att vid de mera koncentrerade vänta lösningslagarnas stränga giltighet. Även naftalinlösningen (Tab. 2) visar f. ö. en med stigande koncentration avtagande molekulär depression, d. v. s. den skenbara molekylvikten stiger även i detta fall med koncentrationen.

De nu anförda mätningarna innebära naturligtvis även en bestämning av kopparklorurens molekylvikt i etyltioglykolsyra som lösningsmedel, alldenstund det är likgiltigt, om lösningen erhålles genom upplösning av $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ eller av CuCl, vilket senare på grund av kopparklorurens ringa lösningshastighet vid lägre temperatur är förbundet med svårigheter. Kopparklorurens molekylvikt i ifrågavarande lösningsmedel svarar alltså mot formeln CuCl, åtminstone vid »oändlig utspädning». Till liknande resultat hava åtskilliga forskare kommit vid andra lösningsmedel, t. ex. kokande pyridin [1]), kinolin [2]) och vismutklorid [3]) samt smältande kvicksilverklorid [4]). I metylsulfid har man däremot funnit för koppar-

[1]) Werner, Zeitschr. f. anorg. Ch. *15,* 1 (1897).
[2]) Beckmann och Gabel, Zeitschr. f. anorg. Ch. *51,* 240 (1906).
[3]) L. Rügheimer och E. Rudolfi, Lieb. Ann. *339,* 333 (1905).
[4]) Beckmann, Zeitschr. f. anorg. Ch. *55,* 179 (1907).

klorur 135 (för kopparbromur däremot 1391) och i etylsulfid för kopparklorur 141, för kopparbromur 220, alltså värden, som betydligt överstiga de mot formlerna CuCl och CuBr svarande (99 resp. 143)[1]. I allmänhet stiger även i dessa fall molekylvikten med lösningens koncentration. Om man antager, att kopparkloruren i etyltioglykolsyrelösningen finns i form av en bestämd kemisk förening med lösningsmedlet, måste detta även antagas vara fallet såväl i pyridin- och kinolin- som i metyl- och etylsulfidlösningarna.

2. $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2COOH, H_2O$.

Om etyltioglykolsyra, utspädd med en ungefär lika stor volym vatten, kokas med kopparklorur, så länge denna löses, så avsätter den filtrerade lösningen vid avsvalning färglösa, glänsande, platta prismer eller nålar, vilkas sammansättning, såsom nedan anförda analyser visa, svarar mot ovanstående formel. Kristallerna avsugas, tvättas hastigt först med etyltioglykolsyrehaltigt vatten, därpå med rent vatten, slutligen med litet aceton, varefter de torkas i vakuumexsiccator. Moderluten kan efter tillsats av litet etyltioglykolsyra användas för framställning av en ny portion av föreningen. 5 gr. syra + 5 ccm. vatten lösa 3.8—4 gr. CuCl, och man får ett utbyte av omkr. 2.7 gr. kristaller.

Analyser:

1. 0.2731 gr. gav 0.1034 gr. Cu.
2. 0.2480 gr. lämnade 0.2115 gr. AgCl och 0.1720 gr. $BaSO_4$.

	Ber. för $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O = 336.3$	Funnet
Cu	37.83 %	37.86 %
Cl	21.09 »	21.09 »
S	9.54 »	9.52 »

I torr luft oxideras denna förening vida långsammare än den förut beskrivna; ännu efter flera månaders förvaring i exsiccator äro kristallerna fullkomligt färglösa. I fuktig luft mörkna de däremot hastigt. Vid upphettning sönderdelas de utan att smälta. Av vatten, alkohol och aceton angripes föreningen endast långsamt vid vanlig temperatur, hastigare vid upphettning, varvid kopparklorur avskiljes. Genom tillsats av etyltioglykolsyra och uppvärmning kan man få en klar vattenlösning (i denna finns naturligtvis till stor del föreningen CuCl, $2C_2H_5SCH_2CO_2H$). Denna lösning fälles ej av bromkalium, men väl av jodkalium, varom mera längre fram (sid. 13). Rodankalium fäller genast kopparrodanur, natronhydrat i överskott och silvernitrat fälla ävenledes omedelbart kopparoxidul, resp. klorsilver. Ur anförda reaktioner framgår, att kopparklorurens föreningar med etyltioglykolsyra ej äro synnerligen starkt komplexa. Konc. svavelsyra utvecklar redan vid rumstemperatur klorväte. Se härom vidare nedan (sid. 9).

[1]) WERNER, Zeitschr. f. anorg. Ch. *15*, 1 (1897).

Den senast beskrivna föreningen kan f. ö. bekvämare erhållas enl. följande förfaringssätt: 5 gr. kopparklorur och 4 gr. etyltioglykolsyra lösas i ung. 12 ccm. varm rykande saltsyra, varefter utspädes med 50 ccm. vatten och filtreras. Den nästan färglösa vätskan avsätter en riklig mängd (5.4—5.5 gr.) stora, (stundom flera centimeter långa) kristaller [1]), vilka i regel äro bättre utbildade än de enl. den först beskrivna metoden erhållna, men alltid mindre beständiga än dessa, sannolikt på grund av moderlutsinneslutningar. Följande analyser visa, att sammansättningen är densamma som de enligt första förfaringssättet erhållna kristallernas:

1. 0.3018 gr. sbst. lämnade 0.1141 gr. Cu.
2. 0.2320 gr. gav 0.1975 gr. AgCl.
3. 0.2231 gr. gav 0.1561 gr. $BaSO_4$.

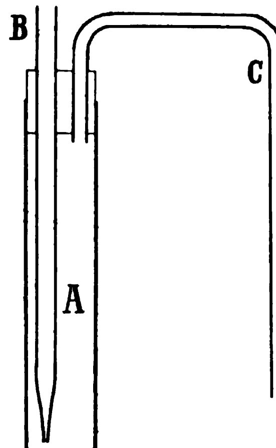
	Ber. för Cu_2Cl_2, $C_2H_5SCH_2CO_2H$, H_2O	Funnet
Cu	37.83 %	37.81 %.
Cl	21.09 »	21.05 »
C	9.54 »	9.61 »

Den nu beskrivna föreningen torde vara etyltioglykolsyrans mest karaktäristiska hittills kända derivat, och den senast anförda metoden för dess framställning lämpar sig synnerligen väl för identifiering av etyltioglykolsyra.

3. Om invärkan av koncentrerad svavelsyra på föreningarna $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ och $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$.

Redan förut har nämnts, att kopparklorurens båda föreningar med etyltioglykolsyra vid rumstemperatur utveckla klorväte vid tillsats av koncentrerad svavelsyra. Då det kunde vara av ett visst intresse att få avgjort, huruvida i båda fallen hela klorhalten avges i form av klorväte, utfördes några mätningar enligt följande metod: I ett litet preparatrör, A, (se Fig. 1) avvägdes en så stor mängd av den ytterst fint pulveriserade föreningen i fråga, att dess klorhalt svarade mot 1 millimol HCl (alltså 1 millimol = 0.339 gr. av $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$, $1/2$ millimol = 0.168 gr. av $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$), varefter genom det i en kapillär spets utdragna röret B inleddes en långsam ström av torr, luftfri kolsyra, under det att röret C infördes i en bägare med vatten. Sedan luften utdrivits ur apparaten, infördes i B omkr. 0.7 ccm. konc. svavelsyra medelst en kapillarpipett, varefter kolsyreströmmen åter påsläpptes. För ernående av möjligast konstant gasström var ett kapillarrör infogat i ledningen framför B, och övre vätske-

Fig. 1.



[1]) Kristallisation inträder omedelbart vid ympning med en kristall, erhållen på det först beskrivna sättet, varur framgår, att samma kem. individ i båda fallen föreligger.

ytan i den för kolsyreutvecklingen använda Kipp-apparaten hölls å tillnärmelsevis konstant nivå (på omkr. ± 3 mm. när). På bestämda tider utbyttes den bägare, i vilken röret C utmynnade, hastigt mot en annan, vätskan neutraliserades noga med klorfri natronlut, och klorhalten bestämdes genom titrering enl. Mohr med $\frac{n}{10}$ silvernitratlösning. Om hela klorhalten avgavs, skulle alltså vid båda föreningarna förbrukas inalles 10.00 ccm. silvernitrat. Resultatet återgives i följande tabeller, varjämte det grafiskt representeras av kurvorna i Fig. 2, där abscissan anger tiden i timmar, ordinatan millimol avgivet klorväte.

A. $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$.

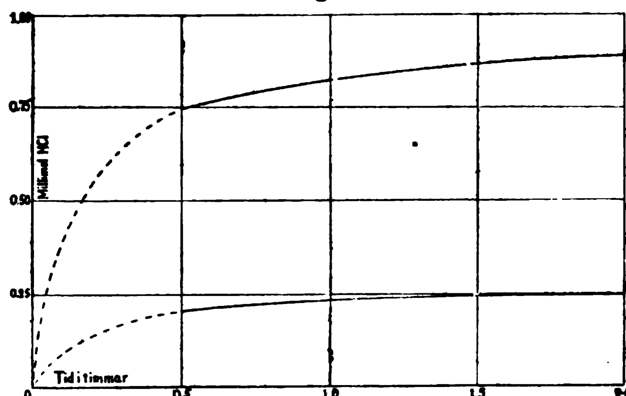
Tid i timmar	ccm. $\frac{n}{10}$ $AgNO_3$	Summa d:o
0.5	7.43	7.43
1.0	0.82	8.25
1.5	0.37	8.62
2.0	0.27	8.89
16.0	1.13	10.02

B. $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$.

Tid i timmar	ccm. $\frac{n}{10}$ $AgNO_3$	Summa d:o
0.5	2.02	2.02
1.0	0.28	2.30
1.5	0.12	2.42
2.0	0.07	2.49
5.5	0.17	2.66
22.0	0.15	2.81

Vid ett på samma sätt utfört försök med CuCl förbrukades efter 5.5 timmar blott 0.08 ccm. silverlösning.

Fig. 2.



Den övre kurvan hänför sig till 1 millimol $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$, den nedre till ½ millimol $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$.

En blick på ovanstående tabeller och kurvor visar, att under det att föreningen $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ efter 2 tr. avgivit $^9/_{10}$ och efter 16 timmar hela klorhalten, har föreningen $Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$ efter 2 tr. blott förlorat $^1/_4$ av sin klorhalt, varefter klorväteutvecklingen så gott som avstannar. Den närmast till hands liggande förklaringen på sistnämnda förenings förhållande är att den vid beröring med svavelsyran sönderfaller i vatten, kopparklorur och $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ enligt formeln $2(Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O) = 2H_2O + 3CuCl + CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$, varefter $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ reagerar med svavelsyran under klorväteutveckling, under det att CuCl ej (eller blott ytterst långsamt) angripes. Vid reaktionen mellan svavelsyra och $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ bildas säkerligen en förening mellan kuprosulfat och etyltioglykolsyra, men det har hittills ej lyckats att isolera detta ämne.

III.

Föreningar med kopparbromur.

1. $CuBr, 2C_2H_5SCH_2COOH$.

Föreningen framställes på liknande sätt som motsvarande klorid. Man löser 2 gr. CuBr under uppvärmning och omrörning i omkr. 10 gr. etyltioglykolsyra, placerar lösningen i ett paraffinoljebad och ympar vid 60°, varefter temperaturen helt långsamt sänkes. Efter ett dygn avsugas kristallerna, tvättas hastigt med några ccm. benzol (vid längre tvättning inträder sönderdelning) och torkas i vakuumexsiccator. Utbyte omkr. 4.6 gr.

Analyser:

1. 0.6099 gr. substans gav 0.1007 gr. Cu.
2. 0.3007 gr. substans lämnade 0.1475 gr. AgBr och 0.3680 gr. $BaSO_4$.

	Ber. för $CuBr, 2C_2H_5SCH_2CO_2H = 383.8$	Funnet
Cu	16.57 %	16.59 %
Br	20.83 »	20.87 »
S	16.71 »	16.80 »

Föreningen bildar färglösa prismer eller nålar, som smälta något oskarpt vid 77°—78°. I torr luft oxideras den ytterst långsamt. Vid starkare upphettning bortgår etyltioglykolsyra, och kopparbromur återstår (0.50 gr. lämnade 0.20 gr. CuBr, ber. 0.19 gr.).

Å moderluten från föreningens utkristallisering utfördes en approximativ bestämning av kopparbromurens löslighet i etyltioglykolsyra vid rumstemperatur: 1.70 gr. av lösningen lämnade 0.0299 gr. Cu, motsv. 0.0675 gr. CuBr. Alltså lösa 100 gr. etyltioglykolsyra vid rumstemperatur 4.1 gr. CuBr. På grund av denna ringa löslighet och dess hastiga minskning med fallande temperatur ansågs det lönlöst att försöka bestämma föreningens molekylvikt på samma sätt som använts vid kloriden.

Om föreningen övergjutes med kallt vatten, flyter den sönder till en tung olja, som långsamt blir grön på grund av oxidation. Vid upphettning avskiljes CuBr. I kall aceton är föreningen ytterst lättlöslig; vid lösningens frivilliga avdunstning avskiljas kristaller, vilka, sedan de genom prässning mellan filtrerpapper befriats från den sirupösa moderluten och torkats i exsiccator, smälta vid 77°. De utgöra alltså den oförändrade föreningen. Även i kall alkohol löses föreningen lätt. Vid stark utspädning av alkohol- och acetonlösningen utfaller CuBr. Hos lagom utspädda aceton- och alkohollösningar kan samma fenomen iakttagas, som hos kloridens lösningar, och ännu tydligare än hos dessa: lösningarna grumlas vid upphettning, men den utfällda kopparbromuren löses åter vid avkylning.

Kloriden och bromiden torde vara isomorfa, ty de utlösa ömsesidigt kristallisation i varandras övermättade lösningar i etyltioglykolsyra. Vinkelmätningar hava ej utförts, dels på grund av kloridens relativt stora obeständighet i luften, dels på grund av svårigheten att erhålla kristallindivider med väl reflekterande ytor.

I avsikt att söka erhålla en förening med annat förhållande mellan komponenterna CuBr och $HCO_2CH_2SC_2H_5$ kokades en lösning av 5 gr. etyltioglykolsyra i 20 ccm. toluol i en med återloppskylare försedd kolv under ½ timme med överskott av kopparbromur. Den filtrerade lösningen avsatte småningom en mängd fina, hopgyttrade nålar (2.6 gr.). Dessa visade sig vid analys innehålla 16.4 % Cu och 20.5 % Br och utgjordes alltså av den ovan beskrivna föreningen. De smälte vid 77°—78°.

2. $Cu_2Br_2, C_2H_5SCH_2COOH, H_2O$.

För framställning av denna förening löser man 4 gr. etyltioglykolsyra och 6 gr. kopparbromur i 20 ccm. kokande, c:a 2-n bromvätesyra. Den svagt gula lösningen avsätter småningom väl utbildade kristaller. Om man ej ympar, kan det emellertid dröja flera dagar, innan spontan kristallisation inträder. Kristallerna avsugas, tvättas med litet 2-n bromvätesyra, prässas mellan filtrerpapper och torkas i vakuumexsiccator över kali. Utbyte något växlande, 2 à 3 gr., bättre ju lägre rummets temperatur är.

Analyser:

1. 0.3969 gr. substans gav 0.1188 gr. Cu.
2. 0.2184 gr. substans lämnade 0.1937 gr. AgBr och 0.1215 gr. $BaSO_4$.

	Ber. för $Cu_2Br_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O = 425.3$	Funnet
Cu	29.91 %	29.93 %
Br	37.60 »	37.74 »
S	7.54 »	7.64 »

Föreningen uppträder vanligen som stora (stundom centimeterlånga), färglösa, glänsande, ytterst väl utbildade tavlor eller korta prismer. Stundom fås dock mera långsträckta prismer eller t. o. m. fina nålar. Sönderdelas vid upphettning utan att smälta. Av vatten, alkohol, eter, aceton m. fl. vätskor sönderdelas den betydligt hastigare än motsvarande klorid. Den torde f. ö. vara isomorf med denna, ty de båda föreningarna utlösa ömsesidigt kristallisation i varandras övermättade lösningar. I torr luft oxideras den långsamt.

IV.

Förening med kopparjodur.



Denna förening erhölls först på följande sätt: 2 gr. Cu_2Cl_2, $C_2H_5SCH_2CO_2H$, H_2O löstes i 5 ccm. kokande vatten under tillsats av den för klar lösnings erhållande nödiga mängden etyltioglykolsyra (omkr. 1.8 gr.); lösningen utspäddes med 3 ccm. kallt vatten och försattes droppvis med en lösning av 1.97 gr. jodkalium i 3 ccm. vatten. Genast avskildes en nästan färglös, tung olja, som snart började avsätta små kristaller och efter omkr. en timme fullständigt stelnat till en kristallmagma. Denna söndertrycktes, avsögs hårt, tvättades först med etyltioglykolsyrehaltigt, sedan med rent vatten och torkades i vakuumexsiccator över konc. svavelsyra. Utbyte 3.53 gr.

Analyser:

1. 0.4238 gr. substans gav 0.0872 gr. Cu.
2. 0.2178 gr. substans lämnade 0.1651 gr. AgJ och 0.1632 gr. $BaSO_4$.

	Ber. för CuJ, $C_2H_5SCH_2CO_2H$ = 310.7	Funnet
Cu	20.48 %	20.58 %
J	40.87 »	41.05 »
S	10.32 »	10.31 »

Samma förening har även erhållits på följande sätt: I 4 gr. etyltioglykolsyra infördes under omrörning och måttlig upphettning kopparjodur, så länge den löstes (omkr. 1.4 gr.). Efter avsvalning utspäddes starkt (10—15 ggr lösningens volym) med benzol. Under loppet av några dygn avsatte sig omkr. 2 gr. små färglösa, glänsande prismer, några av ett par millimeters längd. De avsögos, tvättades med benzol och torkades i vakuumexsiccator.

Analyser:

1. 0.5848 gr. lämnade 0.1100 gr. Cu.
2. 0.2191 gr. substans gav 0.1640 gr. AgJ.
3. 0.2155 gr. substans lämnade 0.1627 gr. $BaSO_4$.

	Ber. för CuJ, $C_2H_5SCH_2CO_2H$ = 310.7	Funnet
Cu	20.48 %	20.57 %
J	40.87 »	40.46 »
S	10.32 »	10.37 »

Föreningens löslighet i etyltioglykolsyra är även vid dennas smältpunkt tillräckligt stor för att tillåta molekylviktsbestämning, emellertid sker upplösningen mycket långsamt. Resultatet angives i följande tabell.

Lösningsmedlets vikt: 18.08 gr.

gr. löst sbst.	fryspunkt	depression	molekylvikt
0	1.153^0	–	—
0.212	1.046^0	0.107^0	599
0.427	0.931^0	0.222^0	582

Molekylvikten närmar sig alltså till det mot formeln $Cu_2J_2, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ svarande värdet 621.4. Att lägre och med stigande koncentration avtagande värden erhållits, torde bero därpå, att, såsom ovan nämnts, föreningen löser sig mycket långsamt i etyltioglykolsyra, vadan bestämningarnas utförande tog en tid av nära tre timmar. Nu visade det sig, att den ytterst hygroskopiska etyltioglykolsyran trots all försiktighet långsamt upptog fuktighet ur luften vid förvaring i den för molekylviktsbestämningarna använda apparaten, så att dess fryspunkt småningom sjönk. De i ovan anförda tabell anförda depressionerna äro på grund härav för stora. Genom att anbringa korrektioner för fryspunktens sjunkande, vunna genom ett blint försök under samma förhållanden och under lika lång tid som ovan anförda bestämningar, skulle värden omkr. 630 hava erhållits (korrektioner av denna art äro naturligtvis alltid något osäkra). I motsats till kopparklorur visar alltså kopparjodur i etyltioglykolsyrelösning en mot den fördubblade formeln Cu_2J_2 svarande molekylvikt. — Även vid några andra komplexa kuproföreningar har det visat sig, att tendensen till polymerisering är större hos additionsderivat av CuJ än hos sådana av CuBr och CuCl. Så fann t. ex. A. Arbusow [1]) i kloroformlösning för föreningen $CuCl, P(OCH_3)_3$ molekylvikten 374 (ber. 223), för $CuBr, P(OCH_3)_3$ 576 (ber. 268) och för $CuJ, P(OC_2H_5)_3$ i benzollösning molekylvikten 1088 (ber. 357).

Föreningen $Cu_2J_2, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ bildar små färglösa, glänsande prismer, stundom nästan mikroskopiska, stundom av några millimeters längd. Vid hastig upphettning till omkr. 100^0 mjukna de, utan att egentligen smälta; samtidigt börja de sönderfalla i komponenterna CuJ och $HCO_2CH_2SC_2H_5$. Oxideras knappast i luften. Av kallt vatten angripes föreningen långsamt, vid upphettning avskiljes kopparjodur. Aceton, alkohol och eter sönderdela nästan ögonblickligt redan vid rumstemperatur. Benzol angriper långsamt vid vanlig temperatur, hastigt vid uppvärmning.

Någon annan förening mellan kopparjodur och etyltioglykolsyra än den nu beskrivna har jag ej lyckats framställa, trots mångfaldig variation av försöksbetingelserna.

---

[1]) Journ. russ. phys.-chem. Ges. *38*, 293. — Förf. har ej haft tillgång till originalet, utan citerar efter Chem. Centralbl. 1906, II, 750.

V.

Förening med kopparrodanur.



$(CuSCN, C_2H_5SCH_2COOH)_x$.

Kopparrodanur löses ej märkbart i etyltioglykolsyra varken vid rumstemperatur eller vid upphettning. Emellertid förenar den sig direkt, fastän långsamt, med syran. Om man vill erhålla föreningen i fråga i möjligast rent och väl kristalliserat tillstånd, måste följande framställningsmetod användas: 0.2 gr. kopparklorur löses under upphettning i 10 gr. etyltioglykolsyra, samtidigt löses 0.2 gr. pulveriserat rodankalium under lindrig uppvärmning i 5 gr. etyltioglykolsyra; lösningarna blandas, innan de ännu hunnit fullständigt svalna. Nästan omedelbart efter blandningen börjar kristallisation. Efter ett dygn avsugas kristallerna och tvättas med litet etyltioglykolsyra; därpå nedbringas de i en liten skål och behandlas med en blandning av lika volymer vatten och etyltioglykolsyra för att utlösa eventuelt befintligt klorkalium, varefter de ånyo avsugas. Processen upprepas om nödigt, tills produkten visar sig klorfri. Därefter pråssas kristallmjölet mellan filtrerpapper och torkas i vakuumexsiccator över kali. Utbyte 0.25 gr.

Analyser:

1. 0.2028 gr. substans lämnade 0,3876 gr. $BaSO_4$ och 0.0528 gr. Cu.
2. Kvävebest. enl. KJELDAHL. 0.1532 gr. substans: 6.12 ccm. 0.1053-n HCl.

	Ber. för $CuSCN, C_2H_5SCH_2CO_2H = 241.8$	Funnet
Cu	26.30 %	26.08 %
S	26.52 »	26.25 »
N	5.80 »	5.89 »

Sammansättningen svarar alltså mot formeln $CuSCN, C_2H_5SCH_2CO_2H$. Då föreningen är så gott som olöslig i etyltioglykolsyra och sönderdelas av andra vätskor, har dess molekylvikt ej kunnat bestämmas. Emellertid får det väl anses högst sannolikt att, liksom vid den analogt sammansatta jodiden, molekylen är större än nyss anförda formel anger.

Föreningen bildar små, nästan mikroskopiska, färglösa, sneda tavlor, ofta tuvformigt hopgyttrade; stundom erhållas mera långsträckta prismer eller platta nålar. Den sönderdelas hastigt t. o. m. av kallt vatten. Vid upphettning avger den hastigt etyltioglykolsyra utan att smälta.

Trots åtskilliga försök har det ej lyckats att framställa någon annan förening av kopparrodanur och etyltioglykolsyra.

VI.

Kuprosulfit och etyltioglykolsyra.

Övergjutes kuprosulfit med vattenfri etyltioglykolsyra, utvecklas redan vid rumstemperatur svavelsyrlighet. Genom att låta reaktionen försiggå i kolsyreström i den å Fig. 1 (sid. 9) avbildade apparaten och absorbera den bortgående svavelsyrligheten i en med litet brom försatt sodalösning konstaterades, att kuprosulfitet avger hela sin svavelsyrlighetshalt. Någon förening mellan etyltioglykolsyra och kuprosulfit torde alltså ej kunna existera.

VII.

De i det föregående beskrivna föreningarna kunna indelas i tre grupper, såsom följande sammanställning visar:

Grupp I	Grupp II	Grupp III
$CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$	$Cu_2J_2, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$	$Cu_2Cl_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$
$CuBr, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$		$Cu_2Br_2, C_2H_5SCH_2CO_2H, H_2O$

Till gruppen II hör sannolikt även kopparrodanurens förening med etyltioglykolsyra, dock är detta ej fullt säkert, då ju dess molekylvikt ej kunnat bestämmas.

Det kan tydligen ej vara något tvivel om, att samtliga dessa föreningar böra uppfattas som kuprosulfinföreningar, d. v. s. att »bindningen» mellan etyltioglykolsyran och kopparatomen förmedlas av svavlet. Frågan om deras konstitution är alltså blott ett specialfall av problemet om metallsulfinföreningarnas byggnad i allmänhet, och då de ovan beskrivna föreningarna ej i och för sig synas erbjuda några nya synpunkter för diskussion av detta problem, skall jag inskränka mig till att visa, att de utan svårighet kunna formuleras i enlighet med den Wernerska teorien, vilken väl får anses som den åtminstone ur systematisk synpunkt mest tillfredsställande och bäst genomförda av alla hittills uppställda teorier för komplexa föreningar.

Kohlschütter och Brittlebank [1]) samt Rosenheim och Stadler, [2]) hava visat, att de jämförelsevis mycket beständiga och ganska grundligt undersökta föreningarna av kuprosalter med tiokarbamid och xantogenamid i allmänhet foga sig i det Wernerska systemet, under förutsättning att den envärda kopparatomens koordinationstal är 3, vilket även synes framgå ur Bodländers och Storbecks [3]) undersökningar. Vissa motsägelser, som framträda såväl vid några av de nyss anförda

---

[1]) Lieb. Ann. *349*, 232 (1906).
[2]) Zeitschr. f. anorg. Ch. *49*, 1 (1906).
[3]) Zeitschr. f. anorg. Ch. *31*, 1, 458 (1902).

föreningarna, som ännu mer vid åtskilliga andra grupper av komplexa kuprosalter, t. ex. vid de talrika kuprocyanföreningarna, äro möjligen endast skenbara, beroende på bristande kännedom om föreningarnas molekylvikter. Emellertid måste erkännas, att en fullständig systematisering av kuproföreningarna i enlighet med WERNERS teori erbjuder större svårigheter än ordnandet av de flesta andra metallers komplexsalter, i det att å ena sidan »koordinativt omättade» föreningar synas vara ganska vanliga, å andra sidan existensen av salter sådana som t. ex. $K_3Cu(CN)_4$ visar, att koordinationstalet kan överskrida värdet 3. En viss osäkerhet uppstår vidare därigenom, att skillnaden mellan »anlagrings-» och »inlagringsföreningar» vid kuprosalterna ofta synes vara föga utpräglad eller på grund av föreningarnas ringa beständighet i lösning svår att med säkerhet konstatera.

Utgående från koordinationstalet 3 skulle man vänta att såsom gränstyp för föreningar mellan kuprosalter och etyltioglykolsyra finna ämnen med sammansättningen $CuX, 3C_2H_5SCH_2CO_2H$ (X envärd anion). Det torde emellertid få anses som säkert, att föreningar av denna typ ej kunna isoleras, åtminstone ej då X är Cl, Br, J eller SCN, ty vissa av de använda framställningsmetoderna, nämligen de, vid vilka vattenfri etyltioglykolsyra använts som lösningsmedel, borde hava lett till denna typ, om den varit möjlig. Om det emellertid skulle visa sig möjligt att erhålla salter av gränstypen i de fall, då X är en syresyras anion, skulle detta vara en intressant illustration till ett av KOHLSCHÜTTER [1]) framlagt åskådningssätt.

Den högsta erhållna typen representeras av de ovan till grupp I sammanförda föreningarna, $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ och motsvarande bromid. Deras sammansättning svarar mot koordinationstalet 3, under förutsättning att halogenatomen fyller ett koordinationsrum samtidigt med att den mättar kuproatomens positiva valens (d. v. s. är »bunden i inre sfären»). Hos föreningar av denna typ bör enligt WERNER halogenen vara mindre lätt rörlig än hos föreningar av typen $(CuA_3)X$. Tyvärr har föreningarnas obeständighet stängt den enda säkra vägen att avgöra, huru härmed förhåller sig, nämligen mätning av halogenionernas koncentration i vattenlösningar av föreningarna i fråga. Emellertid bör påpekas, att föreningens $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ egenskap att vida hastigare än CuCl reagera med svavelsyra (se sid. 9) ej kan anföras som avgörande skäl mot att kloratomen i föreningen $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ lika väl som i CuCl är direkt bunden vid Cu. Det är ju i båda fallen fråga om en heterogen reaktion, och reaktionshastigheten bestämmes således i främsta rummet av den fasta fasens löslighet. Lika litet kan den snabbt förlöpande reaktionen mellan $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ och KSCN i etyltioglykolsyrelösning framdragas som bindande bevis mot att Cl är direkt bunden vid Cu; ty alldeles oavsett, att erfarenheten från andra håll visar, att man ej alltid har rätt att av stor omsättningshastighet sluta till mätbar ionisering, är det ju möjligt, ja t. o. m. sannolikt, att en lösning av $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ i etyltioglykolsyra även innehåller en större eller mindre mängd av föreningen $CuCl, 3C_2H_5SCH_2CO_2H$. F. ö. förorsakar ifråga-

[1]) Lieb. Ann. *349*, 252 (1906).

varande reaktion en djupgående förändring av komplexet, i det att reaktionsprodukten $(CuSCN, C_2H_5SCH_2CO_2H)_x$ tillhör en helt annan typ än den ursprungliga föreningen.

I de båda grupperna II och III (sid. 16) uppträder kopparn som dubbelatom Cu_2. Dennas elektrokemiska valens är naturligtvis + 2. Beträffande dess koordinationstal ligger det närmast till hands att antaga, att vardera av de båda kuproatomerna upptager ett koordinationsrum hos den andra, så att dubbelatomen får koordinationstalet 4. I själva värket står sammansättningen såväl hos föreningarna av typen Cu_2X_2, $2C_2H_5SCH_2CO_2H$ (grupp II) som hos dem av typen Cu_2X_2, $C_2H_5SCH_2CO_2H$, H_2O (grupp III) i full överensstämmelse med detta antagande, i det att de fyra koordinerade grupperna äro två anioner X (vilka tillika mätta dubbelatomens elektrokemiska valenser) och antingen två molekyler etyltioglykolsyra (i grupp II), eller en sådan molekyl och en vattenmolekyl (i grupp III). Även åtskilliga andra komplexa kuprosalters sammansättning anger 4 såsom dubbelatomens koordinationstal, så t. ex. $K[Cu_2(CN)_3, H_2O]$ [1]) och $H_4N[Cu_2(CN)_3, H_2O]$, under det att natriumsaltet $NaCu_2(CN)_3, 2H_2O$ och lithiumsaltet $LiCu_2(CN)_3, 3H_2O$ ej passa i detta schema, så vida man ej vill göra det långt ifrån osannolika antagandet, att en del av vattnet är koordinerat vid Na, resp. Li. Xantogenamidföreningens [2]) $CuCl, C_2H_5OCSNH_2$ molekylvikt synes ej vara bestämd, och det kan således f. n. ej avgöras, om den fogar sig i systemet. Ej heller känner man molekylvikten för tiokarbamidföreningen $CuCl, CS(NH_2)_2$, vilken emellertid vid omkristallisering ur utspädd saltsyra erhålles såsom hydratet $Cu_2Cl_2, 2CS(NH_2)_2, H_2O$, vilken formel ej låter inpassa sig i det här använda schemat.

Åtskilliga kuprosalter lösa sig mer eller mindre lätt i koncentrerade vattenlösningar av etyltioglykolsyrans salter. Tyvärr har det ännu ej lyckats att isolera några av de härvid bildade ämnena, vilka torde vara sammansatta såsom salter av de i det föregående beskrivna föreningarna. Man kan nämligen vänta, att t. ex. föreningen $CuCl, 2C_2H_5SCH_2CO_2H$ bör kunna förhålla sig som en- eller tvåbasisk syra, liksom additionsprodukterna av platohalogenider och etyltioglykolsyra [3]).

---

[1]) GROSSMANN och v. d. FORST, Z. f. anorg. Ch. *43*, 94 (1905).

[2]) DEBUS, Lieb. Ann. *82*, 262 (1852); ROSENHEIM och STADLER, Zeitschr. f. anorg. Ch. *49*, 6 (1906).

[3]) RAMBERG, Z. f. anorg. Ch. *50*, 442 (1906).

(Tryckt den 15 juni 1908.)

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 4. Nr 3.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 3.

WEITERE BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER PSYCHROKLINIE

VON

BENGT LIDFORSS



LUND 1908
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Vor einigen Jahren machte ich an anderer Stelle eine ausführliche Mitteilung über eigentümliche Richtungsbewegungen, die bei gewissen Pflanzen durch niedere Temperatur hervorgerufen werden [1]. Es wurde gezeigt, dass eine erhebliche Anzahl skandinavischer (und norddeutscher) Pflanzen innerhalb gewisser Grenzen die Fähigkeit besitzen, je nach der Temperatur eine horizontale oder vertikale Wachstumsrichtung einzuschlagen. Insofern es sich um vegetative Sprosse handelt, beruht diese Veränderung der Wachstumsrichtung in allen näher untersuchten Fällen darauf, dass die Sprosse bei niederer Temperatur diageotropisch, bei höherer Temperatur dagegen negativ geotropisch reagiren. Ferner wurde gezeigt, dass der Uebergang von der Horizontallage zur Vertikalstellung bei allmählich steigender Temperatur nicht mit einem Schlage geschieht, sondern continuirlich, so dass innerhalb gewisser Grenzen jedem Temperaturgrade eine bestimmte Lage des Sprosses entspricht. Die betreffenden Pflanzen können demgemäss als eine Art natürliche Termometer betrachtet werden.

Ausser der geotropischen Umstimmung findet bei niederer Temperatur auch eine andere Veränderung statt, indem die vorher physiologisch radiären Sprosse mehr oder weniger epinastisch werden. Für das Zustandekommen dieser Epinastie ist indessen, ausser der niedrigen Temperatur, auch das Licht eine notwendige Bedingung; denn im Dunkeln werden die Sprosse auch bei Graden wenig über Null negativ geotropisch, wobei auch die Epinastie erlischt. Andererseits bewirkt diese Epinastie, dass belichtete Sprosse bei Temperaturen dicht am Nullpunkt schräg abwärts wachsen, offenbar weil der bei so niedriger Temperatur stark geschwächte Geotropismus der Epinastie einen nur geringen oder gar keinen Widerstand zu leisten vermag.

Als Pflanzen, welche sich in der jetzt geschilderten Weise verhalten, wurden in meiner Arbeit folgende erwähnt: *Holosteum umbellatum, Cerastium semidecandrum* u. *C. pumilum*, *Stellaria media, Lamium purpureum* und *L. amplexicaule*, *Veronica hederæfolia, Ver. Chamædrys*, *Senecio vulgaris*, *Chrysanthemum Leucanthemum*, *Linaria vulgaris, Alyssum calycinum* u. A. Schon drei Jahre bevor ich meine erste Mitteilung

[1] Lidforss, Ueber den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen, Jahrb. f. wiss. Botanik XXVIII, S. 343. Eine vorläufige Mitteilung in »Botaniska notiser» 1901 p. 1.

über diese Verhältnisse veröffentlichte, hatte indessen Vöchting [1]) bei den Laubsprossen gewisser krautiger Pflanzen ähnliche, durch Temperaturschwankungen hervorgerufene Erscheinungen konstatirt, die nach ihm auf einer besonderen Eigenschaft, für die er den Namen Psychroklinie vorschlägt, beruhen soll. Die eigentümlichen Bewegungen der Blütenstiele von *Anemone stellata*, das Kriechen mancher Alpenpflanzen und vielleicht auch das Anschmiegen der Blätter gewisser krautiger Pflanzen an den Boden im Spätherbst, sind Erscheinungen, die nach Vöchting auf derselben Eigenschaft, der Psychroklinie, beruhen.

Durch Klinostatenversuche konnte ich indessen zeigen, dass die bei den Blütenstielen der *Anemone*-Arten vom Temperaturwechsel ausgelösten Bewegungen mit den Bewegungen der Laubsprosse physiologisch ungleichwertig sind; denn während bei diesen der Geotropismus resp. der geotropische Stimmungswechsel die Hauptrolle spielt, sind die Blütenstiele der *Anemone*-Arten, auch wenn sie am Klinostaten gedreht werden, im Stande die betreffenden Bewegungen in ihrem ganzen Verlaufe auszuführen. Die von Vöchting eingeführte Bezeichnung Psychroklinie eignet sich demgemäss wohl als biologische Sammelrubrik, schwerlich aber als physiologischer Terminus.

In den fünf Jahren, die seit der Veröffentlichung meiner ausführlichen Arbeit verstrichen sind, habe ich nun einige Beobachtungen gemacht, welche geeignet sind, meine frühere Angaben nach gewissen Richtungen hin zu vervollständigen. Teils habe ich einige neue Fälle von sehr schön ausgebildeter Psychroklinie zu verzeichnen, teils hat eine erneute Untersuchung der Bewegungen der Blütenstiele von *Anemone* ergeben, dass die Verhältnisse hier etwas komplicirter sind als die Klinostatenversuche beim ersten Blick an den Tag legen. Ausserdem schien es mir erwünscht, die anatomischen Verhältnisse der psychroklinischen Organe, sofern sie zur Statolitenteorie in Beziehung stehen, etwas näher zu untersuchen, und zwar besonders mit Rücksicht auf einige von Haberlandt [2]) gemachten Auseinandersetzungen.

Schliesslich habe ich noch einen besonderen Grund, die einschlägigen Verhältnisse vom Neuen zu erörtern. In der zweiten Auflage seiner ausgezeichneten »Vorlesungen» hat nämlich Jost [3]) das aus der ersten Auflage herübergenommene Referat meiner betreffenden Arbeit mit einer Fussnote folgenden Inhalts ergänzt: »Nach den Erfahrungen Haberlandts (1903) soll tiefe Temperatur den Geotropismus ganz aufheben. Weitere Studien müssen zeigen, ob etwa auch bei den Versuchen Vöchtings und Lidforss die Sprosse ageotropisch waren». Ich glaube, wenn Jost meine ausführliche Arbeit (von 1902) einer nochmaligen Lektüre unterziehen will, so wird er selbst zugeben, dass ich dort den Beweis, dass das Annehmen der

---

[1]) Vöchting, Ueber den Einfluss niederer Temperatur auf die Sprossrichtung, Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Jahrg. 16 (1898) p. 37.

[2]) Haberlandt, Zur Statholitentheorie des Geotropismus, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. XXXVIII S. 447; Vgl. besonders S. 481—483.

[3]) Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2 Aufl. (1908) S. 536.

Horizontallage bei niedriger Temperatur auf Transversalgeotropismus beruht, wirklich geliefert habe; trotzdem werde ich, bevor ich · zur Mitteilung meiner neuen Befunde übergehe, diesen Punkt völlig klarzustellen versuchen.

Der Transversalgeotropismus bei Lamium purpureum, Holosteum umbellatum u. s. w. Ageotropisch-epinastische Sprosse.

Der Verdacht, dass die von Vöchting und mir untersuchten Pflanzen bei niedriger Temperatur nicht transversalgeotropisch, sondern ageotropisch wären, ist zuerst von Haberlandt ausgesprochen, ist aber bei ihm, so viel ich sehen kann, eigentlich durch eine Äusserung von Jost wachgerufen worden. Mit Rücksicht auf den Beweiskraft der von Haberlandt mit durch Kälte entstärkten *Linum*-sprossen gemachten Versuche hob Jost [1]) hervor, dass es sich vielleicht in diesem Falle, ähnlich wie bei den psychroklinen Pflanzen, um einen geotropischen Stimmungswechsel handele; wenn dies der Fall wäre, so hätten offenbar die *Kälteversuche* Haberlandts einen guten Teil ihrer Beweiskraft eingebüsst. Demgegenüber betont nun Haberlandt, dass in seinen Versuchen die *Linum*sprosse wirklich ageotropisch waren, und er wirft in demselben Zusammenhange die Frage auf, ob nicht vielleicht dies auch bei den von mir untersuchten Pflanzen der Fall war [2]). Irgend welche Tatsachen, die gegen den von mir behaupteten Transversalgeotropismus sprächen, führt Haberlandt nicht an, dagegen meint er dass »Lidforss den stricten Beweis, dass das Annehmen der Horizontallage bei niedriger Temperatur auf Transversal-Geotropismus beruhe, schuldig geblieben ist», und zwar deshalb, weil ich unterlassen habe, »aufrecht wachsende Pflanzen bei der Rotation am Klinostaten einer niedrigen Temperatur auszusetzen». Dieser Einwand Haberlandt's war damals von seinem Standpunkte formell berechtigt, denn in meiner vorläufigen, schwedisch geschriebenen Mitteilung, welche Haberlandt übrigens nur durch das Referat des Botan. Centralblattes zugänglich war, ist kein derartiger Klinostatenversuch erwähnt. Allein in demselben Hefte der Jahrb. f. wiss. Bot., wo die betreffende Arbeit Haberlandts publicirt wurde, findet sich auch meine ausführliche Abhandlung [3]) »Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen», und an der Tafel VI eine Fig. III, von der es in der Figuren-Erklärung heisst: »*Lamium purpureum*, bei höherer Temperatur erwachsene Pflanze mit ortotropen aufrechten Zweigen nach dreitägigen Rotation auf dem Klinostaten im Freien bei niedriger Temperatur». Wenn nun aber Haberlandt geltend machen will, dass der Transversalgeotropismus nur für den

---

[1]) Vgl. Bot. Zeit. 1902, Abt. II S. 257. Wenn Jost an dieser Stelle meint, Vöchting habe »gezeigt, dass gewisse Sprosse mit der Temperatur ihre geotropische Reaction ändern», so ist dies nicht ganz richtig, denn in der Vöchtingschen Abhandlung ist von einer Beteiligung des Geotropismus an den betreffenden Bewegungen gar nicht die Rede.

[2]) Zur Statholitentheorie S. 482.

[3]) Diese Arbeit war also Haberlandt *nicht* zugänglich, als er den oben citirten Satz niederschrieb.

Fall bewiesen wäre, dass »auch bei diesem Versuche jede Krümmung unterbleiben würde», so kann ich ihm in diesem Punkte nicht mehr zustimmen. Tatsächlich treten nämlich, wie auch die Figur zeigt, in diesem Falle schön bogenförmige Krümmungen auf, allein diese sind epinastischer Natur, und auch in ihrem ganzen Verlaufe bestimmt verschieden von denjenigen Krümmungsbewegen, wodurch eine aufrechte, ortotrope *Lamium*pflanze bei sinkender Temperatur die Horizontallage erreicht. Man braucht ja in dieser Hinsicht nur die Figg. I, II und III Taf. VI meiner citirten Abhandlung zu vergleichen, um über den fundamentalen Unterschied zwischen den bei niederer Temperatur rotirten und den unter gleichen Umständen der Schwerkraft ausgesetzten Pflanzen ins reine zu kommen.

Selbstverständlich liegt es mir fern behaupten zu wollen, dass nicht auch die von mir untersuchten Pflanzen bei Temperaturen um den Nullpunkt ihre geotropische Reaktionsfähigkeit einbüssen; in meiner ausführlichen Arbeit habe ich auch ausdrücklich darauf hingewiesen [1]), dass wenn die vorher horizontal wachsenden Holosteumzweige bei Temperaturen dicht am Nullpunkt schräg abwärts wachsen, dies vielleicht darauf beruhe, dass der Geotropismus stark abgeschwächt wird und die Epinastie allein zur Geltung kommt. Ich werde im folgenden auf einige ähnliche Fälle etwas zurückkommen, möchte aber jetzt diejenigen Grundtatsachen hervorheben, welche meiner Ansicht nach beweisen, dass die Horizontallage, welche die *Lamium*-, *Holosteum*sprosse u. s. w. im Frühling einnehmen, wirklich auf Transversalgeotropismus beruht.

1) Die bei niederer Temperatur plagiotropen Sprosse können in der Horizontallage verharren bei Temperaturen, die hoch genug sind, um der Pflanze ihren ganzen Lebenszyklus bis zur Samenreife durchlaufen zu lassen. In diesem Frühling (1908), der bei uns ziemlich kalt gewesen ist, hat *Holosteum* als horizontal kriechende Pflanze reife Samen hervorgebracht, und *Lamium purpureum*, *L. amplexicaule*, *Veronica hederæfolia* u. s. w. haben als plagiotrope Pflanzen mehrere Wochen geblüht. Dass die Pflanzen unter diesen Umständen ageotropisch sein sollten, erscheint von vornherein sehr unwahrscheinlich.

2) Werden plagiotrope Pflanzen bei niedriger Temperatur verdunkelt, so tritt der Geotropismus sofort zu Tage, indem die Sprosse, offenbar infolge einer durch den Beleuchtungswechsel hervorgerufenen Umstimmung, sich negativ geotropisch erheben. Ich habe diesen Versuch öfters ausgeführt, und besonders darauf geachtet, dass die Temperatur in der Dunkelkammer nicht etwa durch Wärmestrahlung von aussen erhöht wurde; aber immer stellte es sich heraus dass die Sprosse sich erhoben, auch wenn sie niemals einer Temperatur über + 6° C ausgesetzt wurden.

3) Werden die vorher horizontal wachsenden Sprosse vertikal aufwärts oder abwärts gerichtet, so kehren sie immer in die Horizontallage zurück, falls die Temperatur inzwischen auf einem niedrigen Niveau gehalten wird. Allerdings führen die desorientirten Sprosse zuerst immer epinastische Krümmungen aus, so

[1]) l. c. p. 356.

die frühere Unterseite konkav wird; diese Krümmungen werden aber später teilweise ausgeglichen, und nach einigen Tagen, unter Umständen vielleicht erst nach einer Woche, haben sämmtliche Sprosse die horizontale Wachstumsrichtung eingeschlagen. Dass diese Orientirungsbewegungen ziemlich langsam ihr Zeil erreichen, darf kein Wunder nehmen, da das Wachstum bei diesen niedrigen Graden recht langsam von statten geht und ausserdem transversalgeotropische Pflanzenteile im allgemeinen langsamer reagiren als parallelotrope Organe; auch im Sommer brauchen z. B. die verdunkelten, durch negativen Geotropismus aufgerichteten Sprosse von *Lysimachia Nummularia* gewöhnlich mehrere Tage, um die im Lichte normale Horizontallage zu erreichen.

4) Macht man mit einem horizontal wachsenden *Lamium*sprosse bei niedriger Temperatur den DE VRIES'schen Flankenstellungsversuch, d. h. dreht man den Spross um 90°, so erfolgt immer eine starke seitliche Krümmung, wobei die Unterseite konkav wird. Dass diese Krümmung unter normalen Umständen unterbleibt, und zwar auch dann, wenn die Pflanze im Topf kultivirt wird, so dass die horizontalen Sprosse freien Spielraum haben, beruht offenbar darauf, dass die Epinastie normalerweise durch den Geotropismus überwunden wird.

5) Schliesslich mag hervorgehoben werden, dass bei den horizontal wachsenden Sprossen im Frühling immer ein wohl ausgebildeter Statolitenapparat vorhanden ist. Ich komme auf diese Verhältnisse in einem späteren Abschnitt zurück.

Die jetzt angeführten Tatsachen beweisen meiner Ansicht nach unwiderleglich, dass die psychroklinisch reagirenden Sprosse im Spätherbst und im Frühling wirklich transversalgeotropisch sind. Dass sie im Winter, wenn die Temperatur unter Null sinkt, ihre geotropische Reaktionsfähigkeit verlieren, ist ja ziemlich klar, und wie ich schon hervorgehoben, giebt es zweifelsohne eine Temperatur dicht am Nullpunkt, wo der Geotropismus wenigstens sehr stark geschwächt ist, während noch epinastisches Wachstum stattfindet.

Ebenso bezweifle ich gar nicht, dass die von HABERLANDT vorwiegend benutzten *Linum*-Sprosse, die nach seinen Angaben im Winter »die verschiedensten Winkel mit der Horizontalen einschlossen«[1], zu dieser Zeit völlig ageotropisch waren. Analoge Beobachtungen habe ich im zeitigen Frühjahr bei manchen krautigen Pflanzen gemacht, die später normalerweise negativ geotropisch werden; gewöhnlich sind dann solche Sprosse bei niedriger Temperatur epinastisch, was bei den HABERLANDT'schen *Linum*sprossen anscheinend nicht der Fall war. Sehr schön ausgebildet fand ich solche ageotropisch-epinastische Sprosse bei verschiedenen überwinterten Exemplaren einer Rasse von *Capsella-Bursa Pastoris;* Ende März—Anfang April waren die ziemlich langen, blühreifen Sprosse infolge der Epinastie bogenförmig-halbkreisförmig gekrümmt, ganz in derselben Weise wie die oben erwähnten, am Klinostaten bei niederer Temperatur rotirten *Lamium*sprosse.

[1]) l. c. S. 474.

Ebenso sind die jungen Sprosse von *Pulmonaria officinalis* und *P. angustifolia* bei sehr kaltem Wetter allem Anscheine nach ageotropisch-epinastisch; das nämliche dürfte auch von manchen anderen krautartigen Pflanzen (*Melandrium silvestre* u. A.) gelten, die im zeitigen Frühjahr ihre Sprosse hervortreiben. Doch giebt es auch zahlreiche Frühjahrspflanzen, deren Stengel schon vom Anfang an negativ geotropisch aufwärts wachsen, und deren Geotropismus, insofern es sich um die vegetativen Sprosse handelt, durch Temperaturschwankungen *nicht* alterirt wird (*Anemone nemorosa*, *Corydalis solida* u. s. w.).

Einige neue Fälle von Psychroklinie.

Viola tricolor var. arvensis.

(Taf. 1. Figg. 1, 2, 3.)

Mit Rücksicht auf die Psychroklinie und auch in ihrem sonstigen biologischen Verhalten stimmt diese Pflanze ziemlich gut mit *Lamium purpureum* überein. Manche Samen keimen schon im Herbst, und im Vorfrühling findet man unter den überwinterten Pflanzen alle Uebergänge zwischen ganz jungen Keimpflanzen bis zu völlig blühreifen Individuen. Letztere bestehen aus horizontal kriechenden, von einem Centrum radiär ausstrahlenden Zweigen, die Ende März oft eine Länge von 15—20 centimeter erreichen und an den jüngeren Teilen Blütenknospen tragen. Die Blätter sind durch Tersionen der Blattstiele sämmtlich mit den Spreiten horizontal orientirt.

Die Sprosse nehmen nun je nach der Temperatur eine ganz verschiedene Neigung zur Horizontalen. Wenn die Schattentemperatur sich am Tage etwa zwischen $+ 5^0$ und $+ 12^0$ hält, so wachsen die *Viola*sprosse ganz wagerecht, also diageotropisch; auch die Blütenstiele nehmen dann eine genau horizontale Richtung, nur der oberste Teil bleibt wie sonst immer, abwärts gerichtet, bildet aber dann einen fast rechten Winkel mit dem unteren Teile des Stieles, anstatt eines spitzen wie sonst, wenn der Hauptteil des Stiels aufrecht ist.

Wenn die Temperatur dauernd unter $+ 5^0$ heruntergeht, macht sich die Epinastie, welche sich auch bei etwas höherer Temperatur durch den de Vries'schen Flankenversuch nachweisen lässt, sehr energisch geltend, so dass bei Topfkulturen Abwärtskrümmungen, wie sie in der Fig. 2, Taf. 1 ersichtlich sind, zustande kommen. Auf freiem Felde werden die Sprosse durch diese Krümmungsbewegungen den Boden sehr stark angepresst, was bei kaltem Wetter natürlich vom bestimmten Vorteil ist.

Werden die plagiotropen Pflanzen in ein warmes Gewächshaus eingeführt, so erheben sich die Zweige ziemlich rasch, indem sie negativ geotropisch werden

unter gleichzeitigem Schwinden der Epinastie. *Viola tricolor var. arvensis* stimmt also in allen wesentlichen Punkten mit *Lamium purpureum* überein, doch reagirt sie nicht ganz so schnell und prompt wie diese Pflanze.

Auch in anatomischer Beziehung zeigt *Viola tricolor arvensis* das Charakteristikum der psychroklinisch reagirenden Pflanzen, indem die plagiotropen Stengel ausser der Gefässe keine verholtzten Elemente besitzten, was offenbar mit der ungewöhnlich lange persistirenden Krümmungsfähigkeit dieser Sprosse zusammenhängt.

Von anderen mir bekannten *Viola*-Arten zeigt eine im hiesigen botanischen Garten unter dem Namen *V. cornuta* kultivirte Art ein ganz analoges Verhalten gegenüber der Temperatur.

Corydalis pumila und C. fabacea.

(Taf. II und Taf. III Fig. 1—4.)

Diese niedlichen Frühjahrspflanzen bilden einen Typus, der in mehreren Beziehungen von dem soeben geschilderten abweicht, der aber gewissermassen einen Uebergang zum *Anemone*-Typus darstellt.

Die *Corydalis*-Arten gehören bekanntlich zu den geophilen Pflanzen, die entweder durch Wurzelknollen *(C. pumila* und *C. fabacea)* oder durch Stamknollen *(C. cava)* überwintern. Die nachstehende Schilderung gilt zunächst nur die beiden erstgenannten Arten. Im zeitigen Frühjahr, oft schon Ende März, werden die jungen Sprosse sichtbar als braunrote, von einem Niederblatte umschlossene, patronenförmige Gebilde. Aus dem Niederblatte bricht bald ein Stengel hervor, der zwei Laubblätter und eine einfache Blütentraube trägt. Bei dem zu dieser Jahreszeit meistens kalten Wetter wächst der junge Spross dem Boden dicht angeschmiegt; da er aber anfangs oft einen etwas bogenförmigen Verlauf hat, so dass zuerst nur die Blütentraube den Boden berührt, so entsteht später durch nachträgliches Wachstum und erneutes Anpressen an den Boden eine Torsion im oberen Teil des Stengels, durch welche die Blütentraube seitlich an die Erde gedrückt wird, die aber rein passiver Natur ist, und sich sofort in eine Abwärtskrümmung verwandelt, wenn man die Pflanze aus dem Boden herausholt. Auch die Blattstiele liegen ganz stramm dem Boden angepresst, ebenso die Blätter, deren Blättchen aber bei niedriger Temperatur durch *Hyponastie* der Stiele gegen einander zusammengeneigt sind und durch hyponastisches Wachstum der Spreiten mehr oder weniger zusammengerollt. Figg. 1 u. 2, Tafel II sowie Fig. 3 Taf. III stellen solche bei niedriger Temperatur erwachsene Individuen von *Corydalis pumila* dar.

Wird nun eine solche plagiotrope, dem Boden angedrückte Pflanze in ein warmes Gewächshaus überführt, so tritt rasch eine Aufwärtskrümmung und Geradestreckung der Sprosse ein. Bei etwa zwanzig Grad, und bei genügender Luftfeuchtigkeit geht die Krümmung so schnell von statten, dass die anfangs plagiotrope

Pflanze schon in vier Stunden zu einem aufrechtwachsenden ortotropen Gewächs verwandelt wird; Fig. 3 Taf. II zeigt die Veränderung, welche das in Fig. 1 Taf. II abgebildete bei — allerdings etwas längerem — Aufenthalt bei 20° C. erfahren hat. Gleichzeitig mit der Aufrichtung der Sprosse wird die Hyponastie der Blätter ausgeglichen, und die voll ausgebreiteten Spreiten zeigen sich jetzt ausgeprägt euphotometrisch. — Lässt man eine Pflanze sich vom Anfang an bei höherer Temperatur entwickeln, so wird das plagiotrope Stadium völlig übersprungen, und die Pflanze entwickelt sich ohne weiteres als eine aufrechte ortotrope Pflanze mit negativ geotropischem Stengel.

Lässt man eine bei niedriger Temperatur erwachsene plagiotrope Pflanze in der Wärme auf dem Klinostaten rotiren, so fallen die Versuche je nach dem Alter der Pflanzen etwas verschieden aus. Recht junge Pflanzen strecken sich unter solchen Umständen nicht selten ganz gerade, was offenbar darauf beruht dass die Hauptachse bei höherer Temperatur orto-autotrop ist und ihrer ganzen Länge nach vom Orto-autotropismus beherrscht wird. Bei etwas älteren Pflanzen, deren Stengel aber sonst in ihrer ganzen Länge die geotropische Krümmungsfähigkeit erhalten haben, werden die bei niedriger Temperatur eingetretenen Krümmungen auf dem Klinostaten bei 20° C. bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen, aber eine Emporhebung resp. völlige Geradestreckung der Sprosse, wie sie bei geotropischer Einwirkung erzielt wird, kommt nicht zu stande; Fig. 4 Taf. II zeigt bis zu welchem Grade die in Fig. 2 Taf. II abgebildete Pflanze unter solchen Umständen die vorhandenen Krümmungen beseitigt hat.

Lässt man umgekehrt bei höherer Temperatur erwachsene resp. durch höhere Temperatur ortotrop gewordene Pflanzen auf dem Klinostaten bei niedriger Temperatur rotiren, so stellen sich bald sehr auffällige Krümmungen ein, die aber mit dem durch niedrige Temperatur normal hervorgerufenen Krümmungsbewegungen nur teilweise identisch sind. Vergleicht man nämlich die auf dem Klinostaten in der Kälte stattfindenden Krümmungen mit denjenigen, die von einer unter gleichen Umständen, aber dem Geotropismus ausgesetzten Pflanze ausgeführt werden, so ergiebt sich, vorausgesetzt dass die Temperatur nicht allzu niedrig ist, ein bestimmter Unterschied, welcher in quantitativer Hinsicht meistens recht geringfügig ist, aber doch principielle Bedeutung besitzt. Allerdings führen die vorher aufrechten Sprosse auch auf dem Klinostaten meistens so energische Krümmungen aus, dass die Spitze der Blütentraube schliesslich den Erdboden im Topfe berührt, allein erstens tritt gegenüber den frei aufgestellten Pflanzen eine merkbare Verzögerung des Krümmungsverlaufes ein, und zweitens bleibt der untere Teil der Hauptachse gerade oder zeigt nur eine ganz unerhebliche Krümmung. Bei ortotropen Pflanzen, die bei niedriger Temperatur der Schwerkraft in normaler Weise ausgesetzt werden, krümmt sich der Stengel schon unmittelbar oberhalb der Erde horizontal, und der ganze Krümmungsprocess geht merkbar schneller von statten.

Werden *Corydalis*-pflanzen bei einer Temperatur kultivirt, die zwischen den jetzt besprochenen Extremen etwa die Mitte hält, so nehmen die Sprosse eine schräg

aufwärts gerichtete Stellung ein; so orientirte Pflanzen sieht man oft im Freien im Spätfrühling oder auch zeitiger, wenn das Wetter ungewöhnlich warm ist. Schwankt die Temperatur etwa zwischen $+5 - +13^{0}$ C., so nehmen die Sprosse eine genau horizontale Stellung ein, wie aus der Fig. 1 Taf. III ersichtlich ist.

An besonders schattigen Stellen, wie sie in Wäldern mit Gebüsch öfters vorhanden sind, fallen die *Corydalis*-pflanzen nicht selten durch ihren fast aufrechten Wuchs auf, während sie gleichzeitig an anderen, der Sonne exponirten Lokalitäten dem Erdboden dicht angepresst sind. Es beruht dies offenbar darauf, dass der geringere Lichtgenuss die geotropische Stimmung beeinflusst, wobei auch die Epinastie mitbetroffen wird. Verdunkelt man nämlich *Corydalis*pflanzen, die sonst bei niedriger Temperatur gehalten werden, so richten sie sich negativ geotropisch in die Höhe, und die Epinastie verschwindet; bei gewissen, nicht allzu niedrigen Temperaturen genügt offenbar eine Verminderung der Lichtintensität um den gleichen Effekt hervorzubringen [1]).

Aus den jetzt referirten Befunden lässt sich folgendes mit Rücksicht auf das geotropische Verhalten der *Corydalis*-Sprosse erschliessen. Bei ganz niedriger Temperatur dominirt die Epinastie, und der Geotropismus tritt, wenn er überhaupt vorhanden ist, ziemlich in den Hintergrund; die Sprosse sind in diesem Stadium halbkreis-sichelförmig gekrümmt, die stark hyponastischen Blätter zeigen keine Orientirung zum Lichteinfall. Bei etwas höherer Temperatur wachsen die Sprosse völlig horizontal, offenbar auf Grund ihrer Diageotropismus, und die Blätter orientiren sich euphotometrisch gegen den Lichteinfall; die Epinastie ist jetzt erheblich schwächer. Steigt die Temperatur noch um ein Paar Grad, so werden die Sprosse klinotrop, mehr oder weniger schräg aufwärtsgerichtet, und bei Temperaturen über 15^{0} C. verhält sich die *Corydalis* durchaus wie eine ortotrope Pflanze mit negativ geotropischer Hauptachse.

Der jetzt geschilderte *Corydalis*typus unterscheidet sich vom *Holosteum*- und *Lamium*typus vor Allem durch die viel grössere Rolle, welche die Epinastie im normalen Leben der Pflanze spielt.

Es muss aber betont werden, dass keineswegs alle bei uns wildwachsenden *Corydalis*-Arten sich wie *C. pumila* und *C. fabacea* verhalten. Allerdings zeigt *Corydalis cava* eine unverkennbare Psychroklinie, aber diese äussert sich — bei blühenden Pflanzen wenigstens — eigentlich nur darin, dass die Hauptachse bei niedriger Temperatur dicht oberhalb der Erde eine ziemlich steile Krümmung macht, so dass der ganze Spross mit der Blütentraube eine annähernd horizontale Lage einnimmt. Ob diese Krümmung epinastischer oder geotropischer Natur ist oder vielleicht durch Zusammenwirken von beiden Krümmungstendenzen zu stande kommt, konnte ich

---

[1]) Ganz analoge Beobachtungen habe ich u. A. für *Lamium purpureum* und *Veronica hederæfolia* gemacht: an schattigen Stellen im hiesigen botanischen Garten, besonders unter Taxusbäumchen wachsen diese Pflanzen fast ganz aufrecht zur selben Zeit wo die der Sonne exponirten Individuen sich dem Boden anschmiegen.

bisjetzt nicht ermitteln, weil die *C. cava* sehr empfindlich, und nur sehr kurze Zeit zu haben ist [1]).

Bemerkenswert ist schliesslich, dass *C. solida*, die wohl mit *C. pumila* ziemlich verwandt ist und in Schweden spontan oder wenigstens subspontan vorkommt, nach meinen Erfahrungen fast keine Psychroklinie zeigt. Die Sprosse wachsen auch bei niedriger Temperatur negativ geotropisch aufwärts oder höchstens phototropisch-schräg.

Andere Fälle von Psychroklinie.

An dieser Stelle werden einige Pflanzen aufgeführt, welche eine unverkennbare Psychroklinie aufzeigen, aber bisjetzt nicht näher untersucht wurden.

Anthemis arvensis. Unter den *Compositen* habe ich schon bei anderer Gelegenheit *Chrysanthemum Leucanthemum* und *Antennaria dioica* als psychroklinische Pflanzen namhaft gemacht. Von der erstgenannten Art existiren indessen mehrere verschiedene Rassen, die nicht nur durch Behaarung, Blattform u. s. w., sondern auch durch die Wachstumsrichtung der Frühjahrssprosse unter einander abweichen; einige Rassen zeigen im Frühling ausgeprägte Psychroklinie, indem die Sprosse bei niedriger Temperatur horizontal wachsen, andere Rassen wachsen dagegen auch bei kühler Witterung vom Anfang an gerade aufwärts. *Anthemis arvensis* stimmt, soweit meine Beobachtungen reichen, sehr nahe mit den psychroklinischen *Chrysanthemum*-Rassen überein. Der Hauptspross bleibt im Wachstum zurück, allein die Seitensprosse wachsen heran, und strahlen im Frühjahr radiär und horizontal vom Centrum aus, wie die Fig. 5 Taf. III zeigt. Bleibt das Wetter im Frühling kühl, wie es heuer (1908) gewesen ist, so können die fortwährend genau horizontal gerichteten Sprosse eine Länge von 15—20 cm. erreichen und Blütenknospen hervorbringen; allem Anscheine nach würde die *Anthemis arvensis* ihren ganzen Lebenscyklus als plagiotrope horizontal wachsende Pflanze durchmachen können. Wenn die Temperatur sich dem Nullpunkt nähert, dann krümmen sich die Sprosse unter die Horizontale, bei höherer Temperatur erheben sie sich über die Horizontale, können aber, falls das Wetter nicht zu warm wird, wochenlang in klinotroper Lage verharren. Bei 20° C. tritt aber rein negativer Geotropismus ein. Die Krümmungsfähigkeit wird in den Frühjahrssprossen auffallend lange erhalten.

Linaria paradoxa. Im botanischen Garten zu Lund wird unter dem Namen *Linaria paradoxa* eine *Linaria*-Art kultivirt, die offenbar psychroklinische Eigenschaften besitzt. Die Pflanze ist ein wintergrünes Kraut, dessen Sprosse im Winter und Frühjahr dem Erdboden dicht angepresst sind, die sich aber sofort erheben, wenn die Pflanze in ein warmes Zimmer gebracht wird. Die Versuche, welche ich

---

[1]) Auch *C. fabacea* u. *C. pumila* sind bekanntlich sehr kurzlebig, aber lassen sich doch schon Mitte März recht gut treiben.

mit dieser Pflanze anstellen wollte, wurden dadurch vereitelt, dass meine im botanischen Garten ausgestellten Topfkulturen weggestohlen wurden.

Plantago media. Die langen Blütenschafte dieser Pflanze liegen bei niedriger Temperatur fast horizontal, dabei nicht selten schlangenähnlich gekrümmt, bei höherer Temperatur erheben sie sich sofort negativ geotropisch.

Myosotis arvensis. Diese Art, welche offenbar den *plantæ annuæ hiemantes* ASCHERSCHONS anzureihen ist, zeigt ausgeprägte Psychroklinie; stimmt anscheinend am nächsten mit *Anthemis arvensis* überein.

Alchemilla vulgaris. Unter den Elementar-Arten dieser Sippe giebt es mehrere, welche psychroklinisch reagiren, so dass die Sprosse bei kaltem Wetter noch Mitte Mai ganz horizontal wachsen; bei etwas höherer Temperatur werden die Sprosse klinotrop, eine Lage, die sie im Freien oft lebenslänglich behalten, bei 20° C. wachsen sie aber völlig aufrecht.

Euphorbia Esula und verwandte Arten. Ende April — Anfang Mai zeigen die jungen Sprosse (die nicht überwintert haben sondern soeben aus der Erde hervorgekrochen sind) einen recht eigentümlichen Anblick. Sie sind nämlich dicht oberhalb der Erde scharf knieförmig gebogen, so dass der oberirdische Teil des Stengels horizontal gerichtet ist. Bei höherer Temperatur streckt sich der Spross rasch gerade, bei niederer Temperatur kommt die Krümmung wieder zum Vorschein. Ich habe bisjetzt keine Gelegenheit gehabt, diese Krümmungsbewegung, die offenbar psychroklinischer Natur ist, näher zu analysiren. Andere *Euphorbia*-Arten z. B. die überwinternde *Euphorbia Lathyris,* zeigen derartige Bewegungen nicht.

Von anderen Pflanzen, die allem Anscheine nach psychroklinisch reagiren, die ich aber bisjetzt nur gelegentlich beobachten konnte, mögen erwähnt werden: *Dactylis glomerata*, *Galium Mollugo* und (wahrscheinlich) *Potamogeton crispus.* Die submers wachsenden beblätterten Wintersprosse der letztgenannten Pflanze wachsen bei niederer Temperatur völlig horizontal, mit einer gewissen Neigung zur Epinastie, erheben sich aber bei höherer Temperatur, wahrscheinlich in folge einer Umstimmung des Geotropismus.

Die durch Temperaturwechsel hervorgerufenen Bewegungen der Blütenstiele.

Anemone nemorosa.

Die Blütenbewegungen von *Anemone stellata,* mit welcher *A. nemorosa* in der Hauptsache übereinzustimmen scheint, sind schon vor Jahren von VÖCHTING[1]) beschrieben worden. In meiner schon öfters citirten Arbeit berichtete ich über Klinostatenversuche, die meiner Ansicht nach bewiesen, dass es sich bei den Blütenstielen von *Anemone* »um eine Art thermonastischer Bewegungen handelt, die als

[1]) Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXI (1889) p. 285.

physiologisch ungleichwertig scharf von den vorher beschriebenen, auf geotropischer Reizumstimmung beruhenden Krümmungsbewegungen zu trennen sind».

In den letzten drei Jahren — die betreffenden Experimente können jedes Jahr nur einige Wochen gemacht werden — habe ich die Blütenstiele von *Anemone nemorosa* einer erneuten Prüfung unterzogen, die im wesentlichen meine Angaben von 1902 bestätigt hat. Lässt man Pflanzen bei niederer Temperatur auf dem Klinostaten rotiren, so bleiben die vorher gekrümmten Blütenstiele in dieser Lage, oder sie krümmen sich in gewohnter Weise, wenn die Stiele vorher durch hohe Temperatur in die gerade Stellung versetzt waren. Andererseits strecken sich die vorher gekrümmten Stiele gerade, wenn sie auf dem Klinostaten rotirend in die Wärme überführt werden. Krümmung und Geradestreckung erfolgt also ohne Verminderung der Amplitude ebenso gut auf dem Klinostaten als wenn die Schwerkraft einseitig angreift; diese Bewegungen sind offenbar, wie ich auch l. c. hervorhob, *rein thermonastischer Natur.*

Indessen macht sich bei diesen Versuchen ein zeitlicher Unterschied geltend, je nachdem die Bewegungen in normaler Lage oder auf dem Rotationsapparat ausgeführt werden. Im letzten Falle tritt — nicht immer, aber in den *meisten* Fällen — eine Verzögerung ein, sodass die Stiele der normal aufgestellten Pflanzen die der Temperatur entsprechende Lage *erheblich früher* erreichen als die anderen. Die Zeitdifferenz beträgt gewöhnlich 3—6 Stunden, unter Umständen noch mehr. Dies Verhalten der Stiele spricht dafür, dass unter normalen Umständen ausser der Epinastie noch ein anderer Faktor bei der Krümmung wirksam ist; dieser Faktor kann kaum anderes sein als ein *geotropischer* Stimmungswechsel.

Das geotropische Verhalten der oberirdischen *Anemone*sprosse ist nun recht interessant. Legt man eine bei höherer Temperatur wachsende Pflanze mit aufrechtem Blütenstiel horizontal, so erfolgt sehr prompt eine geotropische Aufwärtskrümmung, allein diese findet keineswegs im Blütenstiel statt, sondern setzt ein im Hauptspross etwa 0,5—1 cm. unterhalb der Insertion der drei Laubblätter; diese Krümmung, die bei 20° C. schon innerhalb zwei Stunden gut bemerkbar ist, schreitet später noch 1—2 cm. nach unten. Der Blütenstiel bleibt während dieser ganzen Zeit gerade, und wird durch die Krümmungsbewegung des Hauptsprosses ganz passiv in die normale (aufrechte) Lage gebracht. Trotzdem besitzt auch der Blütenstiel geotropische Eigenschaften; denn fixirt man den Hauptspross in horizontaler Lage, so dass er sich nicht aufrichten kann, so macht der Blütenstiel eine Aufwärtskrümmung, die offenbar durch negativen Geotropismus hervorgerufen ist.

Bei niederer Temperatur unterliegt nun offenbar auch dieser Geotropismus, so schwach ausgebildet er sonst ist, einem Stimmungswechsel, so dass der obere Teil des Blütenstiels positiv-klinotropen oder sogar positiv-parallelotropen Geotropismus aufzeigt. Legt man im Freien eine *Anemone nemorosa* mit nickendem Blütenstiel horizontal, so erhebt sich der Hauptspross durch eine Krümmung an der schon bezeichneten Stelle unterhalb der Laubblattinsertion vertikal aufwärts, so dass der nickende Blütenstiel passiv in die bei niedriger Temperatur normale Lage zurück-

geführt wird. Fixirt man aber bei niedriger Temperatur den horizontal gelegten Hauptspross, so dass er sich nicht krümmen kann, und sorgt man gleichzeitig dafür dass der bogenförmig gekrümmte Blütenstiel *nach oben* gerichtet wird, so führt der obere Teil des Stiels immer gewisse Bewegungen aus, wodurch die Blüte wieder in die normale nickende Lage zurückgeführt wird. Diese Bewegungen, deren Verlauf im Einzelnen ich nicht genau verfolgt habe, die aber meistens als seitliche Krümmungen im oberen Teile des Blütenstiels auftreten, können nur auf geotropischer Reizbarkeit beruhen.

Die durch Temperaturwechsel hervorgerufenen Krümmungsbewegungen der Blütenstiele von *Anemone nemorosa* sind also teilweise rein thermonastischer Natur, und zwar reicht die Thermonastie aus, um die betreffenden Bewegungen in ihrer ganzen Amplitude auszuführen. Andererseits werden diese Bewegungen auch durch einen geotropischen Stimmungswechsel begünstigt, der den zeitlichen Verlauf beeinflusst und wohl auch in gewissen Fällen eine genaue Orientirung der Blüten zur Lotlinie ermöglicht.

Anemone Hepatica u. A. ranunculoides.

Das Leberblümchen stimmt mit Rücksicht auf die Psychroklinie der Blütenstiele im wesentlichen mit *A. nemorosa* überein. Nur der obere Teil der Blütenstiele reagirt auf Temperaturschwankungen; der untere Teil bleibt immer negativ geotropisch. Auf dem Klinostaten werden die termonastischen Bewegungen in ihrer vollen Amplitude ausgeführt, allein durch Fixirung der untersten Teil des Blütenstiels kann man doch konstatiren, dass auch der termonastisch reagirende obere Teil geotropische Reaktionsfähigkeit besitzt, und zwar eine verschiedene je nach der Temperatur. In allen diesen Punkten stimmt *A. Hepatica* mit *A. nemorosa* überein.

Etwas verschieden verhält sich dagegen *A. ranunculoides* [1]). Bei schönem Wetter stehen die laubtragenden Sprosse und die Blütenstiele ganz aufrecht, allein bei sinkender Temperatur findet die hauptsächlichste Krümmung im *Laubspross* statt, und zwar 1—2 cm. unterhalb der Insertion der Blätter. Auch der Blütenstiel krümmt sich etwas, aber meistens nur schwach. Die betreffende Krümmung des Laubsprosses ist, wenigstens in der Hauptsache, durch Epinastie bedingt; denn legt man einen Topf mit mehreren bei höherer Temperatur aufrecht gewachsenen Pflanzen *horizontal* bei niederer Temperatur, so erfolgen im Laubsprosse Krümmungen, die aber, wenigstens anfangs, zur Lotlinie keine gar keine Beziehung zeigen. Auch diejenigen Krümmungen, durch welche junge Pflanzen bei kaltem Wetter an die Erde gepresst werden, dürften in erster Linie auf Epinastie beruhen. (Vgl. Taf. III, Fig. 6.)

---

[1]) Von dieser Art giebt es, ebenso wie von *A. nemorosa*, zahlreiche, morphologisch von einander sehr abweichende Rassen, welche sich vielleicht nicht alle in physiologischer Hinsicht gleich verhalten.

Legt man aufrecht wachsende Pflanzen von *A. ranunculoides* horizontal bei höherer Temperatur, so erfolgt die Aufwärtskrümmung gleichzeitig im oberen Teile des Laubsprosses und im Blütenstiel; letzterer wird also in diesem Falle auch durch seine eigene Fähigkeit, und nicht ganz passiv wie bei *A. nemorosa*, in die normale Lage gebracht.

Das Vorkommen von Statolitenstärke bei den psychroklinen Pflanzen.

Seit der Veröffentlichung meiner Untersuchung »Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen» wurden von mehreren Seiten (Noll, Jost) darauf hingewiesen, dass mit Rücksicht auf die Statolitentheorie eine anatomische Untersuchung der Sprosse auf Stärke im ortotropen und plagiotropen Zustande sehr wünschenswert wäre. Falls die Statolitentheorie gelten soll, so wird sie nach Jost »nicht nur nachzuweisen haben, dass die durch Kälte *der Stärke beraubten* Pflanzen ageotropisch werden, sondern sie wird auch zeigen müssen, dass die durch Kälte *geotropisch umgestimmten* Pflanzen die Stärke nicht verlieren» [1].

Haberlandt hat dann auch diesem Punkte einige Aufmerksamkeit gewidmet, und giebt an [2], dass bei *Lamium purpureum* am 1 Januar, wo die Pflanze horizontal ausgebreitet, dem Boden anliegend vegetirte, die Stärkescheide in jedem Chlorophyllkorn ein einziges, ziemlich grosses Stärkekorn enthielt, sonst war die Pflanze bis auf die Spaltöffnungszellen vollkommen stärkefrei. Bei *Stellaria media*, welche von Haberlandt schon am 9 November horizontal ausgebreitet vorgefunden worde, enthielten die Chlorophyllkörner der Stärkescheide in den jüngeren Stengelknoten ziemlich grosse Stärkekörner. Ueber andere psychrokline Pflanzen und vor allem über das Vorkommen von Stärke in den horizontal wachsenden Frühjahrssprossen macht Haberlandt keine Angaben, und so viel ich weiss hat auch kein anderer Forscher sich mit diesen Verhältnissen beschäftigt. Da indessen der Kampf um die Statolitentheorie noch immer im vollen Flusse ist, habe ich geglaubt, dass einige Angaben, welche diese Lücke unserer Kenntnisse ausfüllen, hier am Platze seien.

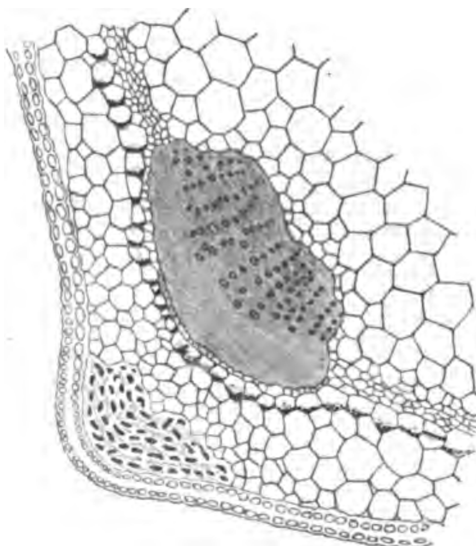
Lamium purpureum. Die horizontal kriechenden, dem Boden dicht anliegenden Sprosse enthalten schon Mitte März eine schön ausgebildete, kontinuirliche, einschichtige Stärkescheide mit zahlreichen beweglichen Stärkekörnern (Fig. 1). Entsprechend der langen Dauer der Krümmungsfähigkeit enthalten die Sprosse noch in einem Abstande von 15—20 cm. vom Gipfel reichliche Statolitenstärke. In den durch höhere Temperatur aufrecht gewordenen Sprossen herrschen analoge Verhältnisse, doch ist natürlich hier die Lage der Stärkekörner eine andere.

---

[1]) Bot. Zeit. Jahrg. 60 (1902), II Abt. Sp. 258.

[2]) Jahrb. f. wiss. Botanik. S. 458.

Holosteum umbellatum. Auf Grund meiner Angabe, dass die horizontal wachsenden Holosteumsprosse in der Wärme schon nach 1 ½ Stunde eine deutliche geotropische Aufwärtskrümmung zeigen, vermutet HABERLANDT[1]), dass in diesem Falle »wohl die Stärke durch die vorherige Temperaturerniedrigung überhaupt nicht zum Verschwinden gebracht worden sei». Diese Vermutung HABERLANDT's ist insofern richtig, als schon im Februar, wenn das Wetter einigermassen milde gewesen ist, die horizontal wachsenden Holosteumstengel regenerirte Statolitenstärke führen. Dieselbe befindet sich in einer kontinuirlichen, ziemlich peripher gelegenen Stärkescheide, die von der Epidermis nur durch 3—4 chlorophyllführenden Zellschichten und von einer ebenfalls 3—4-schichtigen Grundgewebe von den Gefässbündeln getrennt ist. So lange die Sprosse in ihrer ganzen Länge krümmungsfähig sind, enthalten sie auch in allen Teilen Statolitenstärke; später, wenn die Stengel eine Länge von 15—20 cm. erreicht haben, und zwischen Stärkescheide und Gefässbündelkreis ein 3—4-schichtiger Sklerenchymring zur Ausbildung gelangt ist, bleibt die Krümmungsfähigkeit nur in den Nodis erhalten, und in *solchen Stengeln ist die Statolitenstärke nur auf die Nodi beschränkt.* Hier ist aber die Stärkescheide auffallend schön ausgebildet, was übrigens mit den schon von HABERLANDT[2]) bei typischen Gelenkpflanzen gemachten Befunden übereinstimmt.



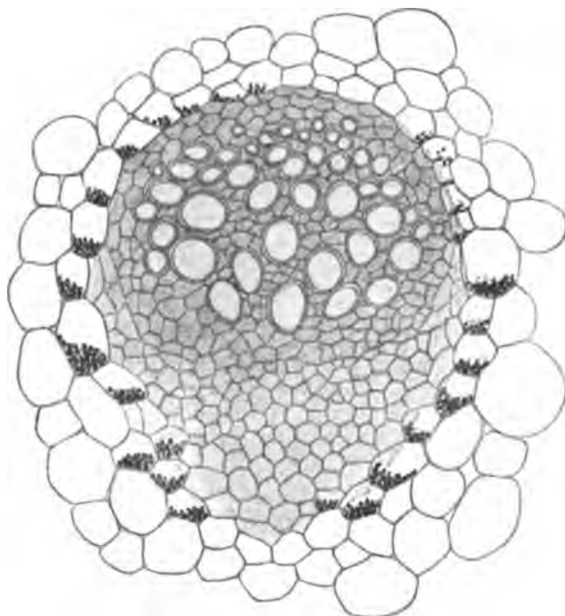
Lamium purpureum: Querschnitt durch einen horizontal wachsenden Stengel Anfang April.

Veronica hederæfolia. Die Gefässbündel bilden hier einen central gelegenen, sehr früh geschlossenen Ring, der von 8—10 Schichten einer Chlorophyllführenden Rinde umgeben ist. Unmittelbar an dem Gefässbündelring liegt eine kontinuirliche, schön ausgebildete Stärkescheide, in welcher die Statolitenstärke schon sehr früh — in Südschweden Mitte März — regenerirt wird. In langen Sprossen war bewegliche Stärke noch in einem Abstande von 14 cm. vom Gipfel vorhanden; 25 cm. vom Gipfel war die Stärke verschwunden, hier war aber die frühere Stärkescheide auffallenderweise reichlich *anthocyanführend.*

Corydalis pumila u. *C. fabacea.* Die horizontal wachsenden Sprosse besitzen keine kontinuirliche Stärkescheide, dagegen um jedes Gefässbündel eine schön ausgebildete Stärkesichel, deren Schenkel unter Umständen einander berühren; letzteres

[1]) l. c.
[2]) Vgl. HABERLANDT, l. c. S. 452.

ist in den Blütenstielen regelmässig der Fall, so dass hier jedes Gefässbündel von einer ringsum geschlossenen Stärkescheide umgeben wird. (Vgl. nebenstehende Fig.)



Corydalis pumila: Gefässbündel aus dem horizontal wachsenden Stengel Mitte April.

Anthemis arvensis. In den horizontal wachsenden Stengeln eine schön ausgebildete kontinuirliche Stärkescheide vorhanden.

Viola tricolor var. arvensis. Wie die vorige Art.

Anemone nemorosa. In dem Laubspross findet sich etwa 1 mm. unterhalb der Insertion der Laubblätter, wo die geotropische Reaktionsfähigkeit sehr stark entwickelt ist, ein schön ausgebildeter Statolitenapparat, der als eine kontinuirliche, vor den Gefässbündeln 1-schichtige, zwischen ihnen 3—5-schichtige Stärkescheide auftritt. Weiter nach unten (etwa 3 cm.), wird die Scheide einschichtig, und 6—7 cm. unterhalb der Laubblattinsertion, wo keine geotropische Krümmung mehr stattfindet, ist die Statolitenstärke verschwunden.

Im *Blütenstiel* führt die obere, krümmungsfähige Partie reichliche Statolitenstärke, der untere unbewegliche Teil des Stiels dagegen keine.

Ganz übereinstimmend verhalten sich *Anemone ranunculoides* und *A. Hepatica.*

Die jetzt referirten Befunde lassen sich kurz dahin resumiren, dass das Auftreten von beweglicher Stärke bei den psychroklinen Pflanzen vollkommen den Anforderungen der Statolitentheorie entspricht. Hier wie auf anderen Gebieten zeigt es sich, dass die anatomischen Tatsachen entschieden für die Richtigheit der Theorie sprechen. Die Schwierigkeiten liegen ja eben auf dem physiologischen Gebiete, wo die schönen Untersuchungen von Fitting und seinem Schüler Bach Tatsachen ans Licht gebracht haben, die anscheinend recht schwer mit der Haberlandt-Nemec-schen Theorie zu vereinigen sind. Andererseits haben ja in aller jüngster Zeit die Untersuchungen von Buder Resultate gezeitigt, die wenn sich die betreffenden Beobachtungen als richtig herausstellen werden, was ja sehr wahrscheinlich dünkt, offenbar geeignet sind, die Statolitentheorie fast unentbehrlich zu machen.

[1]) Buder, Untersuchungen zur Statolitentheorie, Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. XXVI, S. 162.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Viola tricolor var. arvensis. Fig. 1: im Gewächshause bei ziemlich hoher Temperatur (+ 20°) kultivirt; Fig. 2: bei 5—12° C im Freien. Fig. 3: bei Temperaturen unter + 5°; die Sprosse epinastisch nach unten gekrümmt.

Tafel II.

Figg. 1 und 2. *Corydalis pumila,* im Freien bei niedriger Temperatur kultivirt. — Fig. 3: die Pflanze in Fig. 1 nach einigem Aufenthalt bei höherer Temperatur (17—20° C). Fig. 5: dieselbe Pflanze wie im Fig. 3, nach einem zweitägigen Aufenthalt im Freien bei niedriger Temperatur (Anfang Mai). Fig. 4: Dieselbe Pflanze wie in Fig. 2, nach Rotation auf dem Klinostaten in der Wärme; Temperatur und Dauer der Wärmewirkung ganz dieselben wie bei der in Fig. 3 abgebildeten Pflanze. Fig. 6: bei höherer Temperatur gewachsene ortotrope Pflanze. Fig. 7: eine anfänglich ortotrope Pflanze nach zweitägiger Rotation auf dem Klinostaten bei niedriger Temperatur.

Taf. III.

Fig. 1. *Corydalis pumila* bei mittlerer Temperatur (+ 5 — + 12° C) erwachsen, transversalgeotropisch. Fig. 2: *Corydalis pumila* ältere, ursprünglich ortotrope Pflanze, die nachher niedriger Temperatur ausgesetzt wurde. Nur der Oberteil des Blütenschafts und ein kleiner Nebenspross sind noch krümmungsfähig. Fig. 3: *Corydalis pumila*, bei niedriger Temperatur, von oben gesehen. Fig. 4: *Corydalis cava* bei niedriger Temperatur. Fig. 5: *Antemis arvensis* bei niedriger Temperatur transversalgeotropisch. Fig. 6: Junge Pflanzen von *Anemone ranunculoides* bei niedriger Temperatur, epinastisch dem Boden angeschniegt.

(Fertiggedruckt am 23. Juli 1908.)







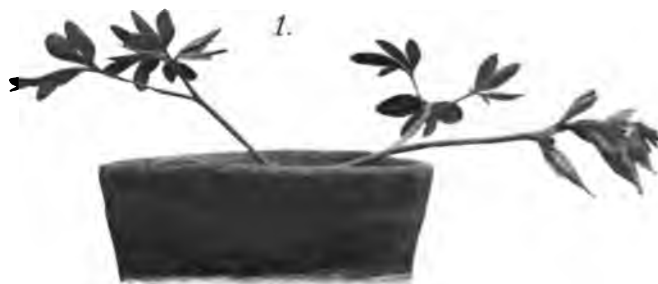
O. F. Mattsson & autor phot.
Ljustr. Cederquists Graf. A.-B., Sthlm.



O. F. Mattsson & autor phot. Ljustr. Cederquists Graf. A.-B. Sthlm.



4.



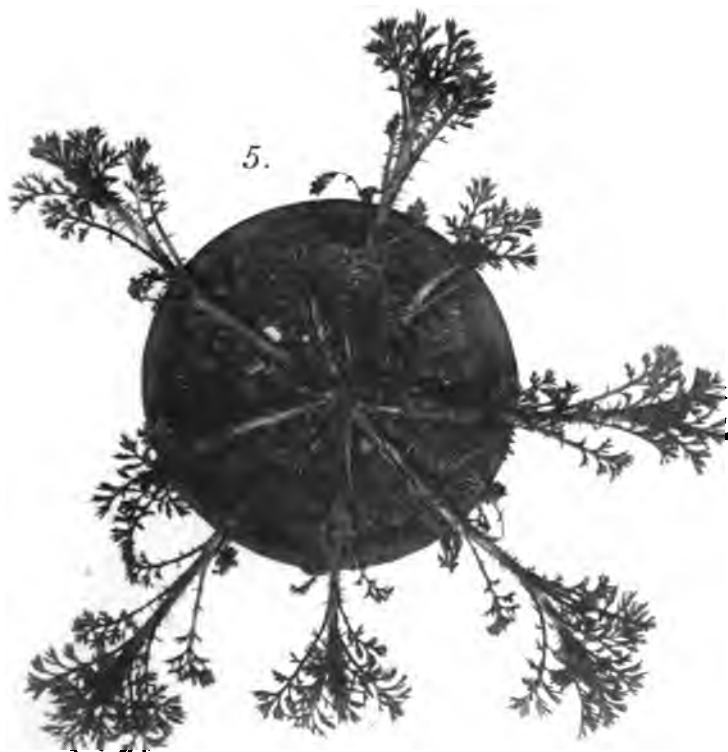
1.



3.



2.



5.



6.

O. F. Mattsson & autor phot.

Ljustr. Cederquists Graf. A.-B., Sthlm.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 4. Nr 4.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 4.

ÜBER DIE BEWEGUNG DER BAHNEBENEN DER SATELLITEN IN UNSEREM PLANETENSYSTEM

VON

C. V. L. CHARLIER



LUND 1909
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

1. **Einleitung**. Die Abplattung eines Planeten spielt eine grosse Rolle für die Bewegung der Bahnebenen der Satelliten, die um den Planeten kreisen. LAPLACE hat diese Frage an zwei Stellen seiner »Mécanique céleste» behandelt. In Livre V Chap. III de la première partie behandelt er die Einwirkung der Abplattung des Saturns auf die Bewegung des Saturnringes und beweist, dass diese Abplattung im Stande ist den Ring in der Ebene des Saturnekvators festzuhalten. In Livre VIII, Chap. X, XVII und XVIII de la seconde partie kommt er auf diese Frage zurück und findet unter Anderem, dass die Bahnebenen der vier GALILEI'schen Jupitersatelliten in Folge der Abplattung Jupiters eine nahe unveränderliche Neigung gegen eine gewisse »intermediäre» Ebene besitzen, die durch die Knoten des Jupiterekvators auf der Bahnebene des Planeten geht und zwischen dieser Ebene und dem Jupiterekvator liegt.

In den »Annales de l'observatoire de Toulouse» T. I hat TISSERAND die Resultate von LAPLACE durch eine elegante Analyse wiedergefunden und weitergeführt. Diese Untersuchung ist in seiner »Traité de Méc. céleste» T. IV, Chap. VI reproducirt.

In den Untersuchungen von LAPLACE wie in denen von TISSERAND werden die Planeten als *feste* Körper betrachtet. In der hier vorliegenden Untersuchung werde ich diese Voraussetzung beibehalten. Über die Einwirkung der Plasticität den Planeten auf diese Probleme liegt eine Untersuchung von STRATTON vor in den »Monthly Notices» of the R. Astr. Soc. in London T. LXVI (1906), die auf den bekannten Untersuchungen DARWIN's fusst. Ich werde also hier unmittelbar keine Rücksicht auf diese Methoden nehmen.

Die Lage der Ekvatorsebenen der Planeten ändert sich in der ersten Linie in Folge von der von der Anziehung der Sonne und der Satelliten verursachten Praecession. Die Satellitenebenen werden entweder dieser Praecessionsbewegung folgen oder auch eine Bewegung haben die wesentlich von der Anziehung der Sonne bedingt wird. In der Praecessionsbewegung kann die Neigung der Ekvatorsebene des Planeten gegen die Bahnebene als genähert konstant betrachtet werden. In der folgenden Untersuchung nehme ich auch darauf Rücksicht, dass diese Neigung der Ekvatorsebene sekularen Änderungen unterwerfen sein kann. Wie diese sekularen Änderungen zu Stande kommen, wird hier nicht näher discutiert.

Um bei veränderlicher Neigung der Ekvatorsebene des Hauptplaneten die Differentialgleichungen zu integriren, gehe ich von einer partikularen Lösung der Differentialgleichungen aus. Die allgemeinen Integrale werden dann etwa nach ähnlicher Methode wie der von Hill in seiner Mondtheorie gefunden. Die erhaltenen theoretischen Schlussfolgerungen werden auf sämtliche bis jetzt bekannte Satelliten in unserem Planetensystem angewandt.

2. **Entwickelung der Störungsfunktion.** Ich bezeichne den Ort des Satelliten, des Hauptplaneten und der Sonne *bez.* mit S, P und $\odot$. Weiter sei

der Abstand $SP = r$
» » $\odot P = R$
» » $\odot S = \Delta$.

Die Masse der Sonne sei M, die Masse des Planeten m_0, die Masse des Satelliten m.

Als intermediäre Bahn führe ich die Kepler'sche Ellipse ein, welche der Satellit um m_0 als Fokus beschreibt. Als veränderliche Elemente benutze ich, mit gewöhnlicher Bezeichnung (wo $\mu = m + m_0$ ist), die folgenden

$$\xi = \sqrt{\mu a} \quad ; \quad \eta = \text{mittlere Länge},$$
$$u = \sqrt{2\sqrt{\mu a}\,(1 - \sqrt{1 - e^2})}\cos\pi\,; \quad v = -\sqrt{2\sqrt{\mu a}\,(1 - \sqrt{1 - e^2})}\sin\pi,$$
$$p_1 = \sqrt{2\sqrt{\mu a}\,(1 - \cos i)}\cos\Omega\,; \quad q_1 = -\sqrt{2\sqrt{\mu a}\,(1 - \cos i)}\sin\Omega.$$

Für das hier vorliegende Problem ist es unnöthig die Veränderungen von a und e in Betracht zu ziehen. Ich setze also $a = \text{Constans}$ und $e = 0$. Wird die charakteristische Funktion mit $\sqrt{\mu a}$ dividirt, so kann man als kanonische Elemente statt p_1 und q_1 die Grössen

$$p = 2\sin\frac{1}{2}i\cos\Omega,$$
(1)
$$q = -2\sin\frac{1}{2}i\sin\Omega$$

einführen. Endlich kann man, statt p und q, $1 - \cos i$ und $-\Omega$ oder, was dasselbe ist, $\cos i$ und Ω als Veränderliche benutzen. Man hat dann

(2)
$$\frac{d\cos i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial\Omega}, \quad \frac{d\Omega}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial\cos i};$$

In diesen Formeln bedeutet i die Neigung der Satellitenbahn gegen die Bahnebene des Hauptplaneten und Ω die Länge des aufsteigenden Knotens der Satellitenebene auf der Planetenbahn. Für H hat man (Vergleiche Tisserand l. c. S. 93) den Ausdruck

(3)
$$H = \frac{1}{2}s_1\cos^2 i + \frac{1}{2}s_2\cos^2 I,$$

wo I die Neigung der Satellitenebene gegen den *Ekvator* des Hauptplaneten bezeichnet.

Die Grössen s_1 und s_2 haben die Werthe

$$(4)\qquad s_1 = \frac{3}{4}\frac{N^2}{n}, \qquad s_2 = \frac{3}{5} n \frac{a_1^2}{a^2}\frac{a_1 - c_1}{a_1}.$$

Hier bedeuten N und n die mittleren Bewegungen des Planeten und des Satelliten, $2a_1$ den Ekvatorsdurchmesser und $2c_1$ den Polardurchmesser des Hauptplaneten. Für $\cos I$ hat man den Ausdruck

$$\cos I = \cos i \cos \varepsilon + \sin i \sin \varepsilon \cos (\Omega - \Omega_0),$$

wo ε die Neigung des Ekvators des Hauptplaneten gegen die Bahnebene, Ω_0 den aufsteigenden Knoten dieses Ekvators bezeichnet.

Es empfiehlt sich in (2) $\Omega - \Omega_0$ statt Ω einzuführen. Da Ω_0 in Folge der Praecession als eine (bekannte) Funktion zu betrachten ist, so hat man dem entsprechend den Ausdruck für die charakteristische Funktion abzuändern.

Setzt man nun

$$(5)\qquad H_1 = \frac{1}{2} s_1 \cos^2 i + \frac{1}{2} s_2 [\cos i \cos \varepsilon + \sin i \sin \varepsilon \cos (\Omega - \Omega_0)]^2 + \cos i \frac{d\Omega_0}{dt}$$

$$(6)\qquad x = \cos i, \quad y = \Omega - \Omega_0,$$

so hat man

$$(7)\qquad \frac{dx}{dt} = \frac{\partial H_1}{\partial y}; \quad \frac{dy}{dt} = -\frac{\partial H_1}{\partial x}.$$

Ich will die Integrale dieser Differentialgleichungen untersuchen. Es ist zu bemerken, dass H_1 nicht nur x und y sondern auch die Zeit enthält. Die Integration wird dadurch erleichtert, dass in Ω_0 und ε nur die säkularen Störungen berücksichtigt zu werden müssen. Ich werde das Integrationsproblem vom mathemathischen Gesichtspunkte im folgenden Paragraphen untersuchen.

3. Eine allgemeine Methode ein partikulares Integral der Differentialgleichungen

$$(8)\qquad \frac{dx}{dt} = \frac{\partial H}{\partial y}, \quad \frac{dy}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x}$$

aufzusuchen, wenn H eine Funktion von x und y und der unabhängigen Veränderlichen t ist.

Wenn H die Zeit t *nicht* enthält, so kann man bekanntlich gewisse partikularen Integrale der Differentialgleichungen erhalten, indem man die beiden Gleichungen

$$\frac{\partial H}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial H}{\partial y} = 0$$

nach x und y auflöst. Man bekommt dann konstante Werthe von x und y, welche den Differentialgleichungen genügen, welche Werthe gleichzeitig die singularen Werthe der Veränderlichen darstellen (Man vergleiche Mech. des Himmels II, S. 356).

Ich nehme nun an, dass die charakteristische Funktion H einen von der Zeit abhängigen Parameter p enthält und zwar wird vorausgesetzt, dass $dp:dt$ eine Konstante ist $(=p')$. Es lässt sich dann zeigen, dass die Differentialgleichungen (8) eine Lösung von der Form

$$\begin{aligned} x &= x_0 + x_1 p' + x_2 p'^2 + x_3 p'^3 + \ldots, \\ y &= y_0 + y_1 p' + y_2 p'^2 + y_3 p'^3 + \ldots \end{aligned} \tag{9}$$

besitzen, wo $x_0, y_0, x_1, y_1, x_2, y_2, \ldots$ gewisse Funktionen der Zeit sind.

Man hat nämlich

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \frac{\partial x_0}{\partial p} p' + \frac{\partial x_1}{\partial p} p'^2 + \frac{\partial x_2}{\partial p} p'^3 + \ldots, \\ \frac{dy}{dt} &= \frac{\partial y_0}{\partial p} p' + \frac{\partial y_1}{\partial p} p'^2 + \frac{\partial y_2}{\partial p} p'^3 + \ldots \end{aligned}$$

Weiter ist

$$H = H(x_0, y_0, p) + \left(\frac{\partial H}{\partial x_0} x_1 + \frac{\partial H}{\partial y_0} y_1\right) p'$$
$$+ \left(\frac{\partial H}{\partial x_0} x_2 + \frac{\partial H}{\partial y_0} y_2 + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 H}{\partial x_0^2} x_1^2 + \frac{\partial^2 H}{\partial x_0 \partial y_0} x_1 y_1 + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 H}{\partial y_0^2} y_1^2\right) p'^2 + \ldots$$

Zur Bestimmung von $x_0, y_0, x_1, y_1, x_2, y_2, \ldots$ erhalten wir hieraus die Gleichungen

$$\text{I} \qquad \frac{\partial H}{\partial x_0} = 0, \quad \frac{\partial H}{\partial y_0} = 0;$$

$$\text{II} \qquad \begin{aligned} \frac{\partial x_0}{\partial p} &= \frac{\partial^2 H}{\partial x_0 \partial y_0} x_1 + \frac{\partial^2 H}{\partial y_0^2} y_1, \\ -\frac{\partial y_0}{\partial p} &= \frac{\partial^2 H}{\partial x_0^2} x_1 + \frac{\partial^2 H}{\partial y_0 \partial x_0} y_1; \end{aligned}$$

$$\text{III} \qquad \begin{aligned} X_2 &= \frac{\partial^2 H}{\partial x_0 \partial y_0} x_2 + \frac{\partial^2 H}{\partial y_0^2} y_2, \\ Y_2 &= \frac{\partial^2 H}{\partial x_0^2} x_2 + \frac{\partial^2 H}{\partial y_0 \partial x_0} y_2, \end{aligned}$$

wo

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{\partial x_1}{\partial p} - \frac{1}{2}\frac{\partial^3 H}{\partial x_0^2 \partial y_0} x_1^2 - \frac{\partial^3 H}{\partial x_0 \partial y_0^2} x_1 y_1 - \frac{1}{2}\frac{\partial^3 H}{\partial y_0^3} y_1^2, \\ Y_2 &= -\frac{\partial y_1}{\partial p} - \frac{1}{2}\frac{\partial^3 H}{\partial x_0^3} x_1^2 - \frac{\partial^3 H}{\partial x_0^2 \partial y_0} x_1 y_1 - \frac{1}{2}\frac{\partial^3 H}{\partial x_0 \partial y_0^2} y_1^2, \end{aligned}$$

und allgemein

$$X_i = \frac{\partial^2 H}{\partial x_0 \partial y_0} x_i + \frac{\partial^2 H}{\partial y_0^2} y_i,$$
$$Y_i = \frac{\partial^2 H}{\partial x_0^2} x_i + \frac{\partial^2 H}{\partial y_0 \partial x_0} y_i,$$

wo X_i und Y_i bekannte Funktionen von $x_0, x_1, \ldots, x_{i-1}; y_0, y_1, \ldots, y_{i-1}$ sind.

Hieraus können nach einander die Grössen $x_0, y_0, x_1, y_1, x_2, y_2, \ldots$ bestimmt werden. Hiermit ist zwar Nichts über die Konvergenz der Reihen (9) ausgesagt. Ich bemerke in Bezug hierauf, dass die Auflösung der Gleichungen für x_1, y_1, x_2, y_2 u. s. w. immer gelingt, wenn die Determinante

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 H}{\partial x_0 \partial y_0}, & \frac{\partial^2 H}{\partial y_0^2} \\ \frac{\partial^2 H}{\partial x_0^2}, & \frac{\partial^2 H}{\partial x_0 \partial y_0} \end{vmatrix}$$

von Null verschieden ist. Wenn x_0 und y_0 gegeben sind, giebt es ein einziges System von Werthen der Grössen $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3$ u. s. w. Was die Grössen x_0 und y_0 betrifft, sind sie durch die Gleichungen I bestimmt. Im Allgemeinen erlauben diese Gleichungen mehrere discrete Lösungen. Eine jede entspricht einem partikularen Integral der vorgelegten Differentialgleichungen.

Wir finden also, dass die partikularen Lösungen der Gleichung (8) in eindeutiger Weise bestimmt sind, wenn nur die Hesse*'sche Determinante von H nach x_0 und y_0 nicht identisch verschwindet.*

Die obige Methode kann in analoger Weise angewandt werden, wenn H von mehreren Argumenten $\alpha_1 t$, $\alpha_2 t$, $\alpha_3 t$ u. s. w. abhängig ist und α_1, α_2, α_3 u. s. w. hinreichend klein sind. Man erhält die entsprechende Formeln am Einfachsten wenn man in (9) $p = t$ setzt.

Der Voraussetzung nach ist p von der Form

$$p = p_0 + \alpha t,$$

wo α eine Konstante ist. Nach der Poincaré'schen Erweiterung des Cauchy'schen Existenz-Theorems kann des Integral von (8) für hinreichend kleine α nach Potenzen von α entwickelt werden. Das Integral wird aber dann gleichzeitig nach Potenzen von t entwickelt, was nicht immer vortheilhaft ist. Nach der obigen Methode erhält man, für das *partikulare* Integral, eine Entwickelung nach Potenzen von α, die nicht gleichzeitig nach Potenzen von t fortschreitet.

4. **Anwendung der Methode auf das Satellitenproblem.** Die charakteristische Funktion H_1 (5) ist eine Funktion von $x\,(= \cos i)$, $y\,(= \Omega - \Omega_0)$ und den beiden Parametern ε und Ω_0, die von der Zeit abhängen. Die Grösse Ω_0 kommt nur in der Kombination $d\Omega_0 : dt$ vor und diese Grösse kann als eine Konstante betrachten werden, und es erübrigt also nur die Grösse ε, die wir als eine mit der Zeit langsam veränderliche Grösse betrachten können. Nach der Bezeichnung des

vorigen Paragraphen können wir also $p = \varepsilon$ setzen. Wir werden nun ein partikulares Integral, das nach Potenzen von $\varepsilon' (= d\varepsilon : dt)$ fortschreitet, ableiten. Wir setzen

$$(10^*) \quad \begin{aligned} x &= x_0 + x_1\varepsilon' + x_2\varepsilon'^2 + \dots \\ y &= y_0 + y_1\varepsilon' + y_2\varepsilon'^2 + \dots \end{aligned}$$

Zur Bestimmung von x_0 und y_0 erhalten wir nach dem vorigen Paragraphen die Gleichungen

$$(10) \quad \frac{\partial H_1}{\partial x_0} = 0 = \frac{\partial H_1}{\partial y_0}.$$

Wenn wir von dem Falle $i = 0$ absehen, können wir diese Gleichungen in der Form

$$\frac{\partial H_1}{\partial i} = 0 = \frac{\partial H_1}{\partial y_0}$$

schreiben.

Die zweite Gleichung giebt $y_0 = 0$ *), die erste lautet mit Rücksicht hierauf:

$$s_1 \sin 2i - s_2 \sin 2(\varepsilon - i) + 2 \sin i \frac{d\Omega_0}{dt} = 0,$$

oder

$$(10^*) \quad (s_1 + s_2 \cos 2\varepsilon) \sin 2i_1 - s_2 \sin 2\varepsilon \cos 2i_1 + 2 \sin i_1 \frac{d\Omega_0}{dt} = 0,$$

wenn der betreffende Werth von i mit i_1 bezeichnet wird.

Wird $d\Omega_0 : dt = 0$ gesetzt, erhält man hieraus die von Laplace und Tisserand betrachtete Lösung.

Um die Gleichung (10*) näher zu studieren, setze ich

$$(11) \quad \left\{ \begin{aligned} \cos 2E_1 &= \frac{s_1 + s_2 \cos 2\varepsilon}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2s_1s_2 \cos 2\varepsilon}}, \\ \sin 2E_1 &= \frac{s_2 \sin 2\varepsilon}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2s_1s_2 \cos 2\varepsilon}}, \\ tg\, 2E_1 &= \frac{s_2 \sin 2\varepsilon}{s_1 + s_2 \cos 2\varepsilon}, \end{aligned} \right.$$

und führe in analoger Weise noch eine Hilfsgrösse E_2 durch folgende Formeln ein

$$(12) \quad \left\{ \begin{aligned} \cos 2E_2 &= \frac{s_2 + s_1 \cos 2\varepsilon}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2s_1s_2 \cos 2\varepsilon}}, \\ \sin 2E_2 &= \frac{s_1 \sin 2\varepsilon}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2s_1s_2 \cos 2\varepsilon}}, \\ tg\, 2E_2 &= \frac{s_1 \sin 2\varepsilon}{s_2 + s_1 \cos 2\varepsilon}. \end{aligned} \right.$$

*) Von anderen möglichen Lösungen können wir hier absehen.

Diese Formeln geben

$$\sin 2(E_1 + E_2) = \sin 2\varepsilon, \quad \cos 2(E_1 + E_2) = \cos 2\varepsilon,$$

so dass man hat

(13) $$E_1 + E_2 = \varepsilon.$$

Die Hilfsgrössen E_1 und E_2 entsprechen den Neigungen der von LAPLACE betrachteten »plan fixe» gegen die Bahnebene des Planeten, *bez.* die Ebene des Planetenekvators.

Ich setze ausserdem

(14*) $$f = \frac{1}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2s_1 s_2 \cos 2\varepsilon}} \frac{d\Omega_0}{dt}.$$

Die Gleichung (10*) zur Bestimmung von i_1 lautet nunmehr

(14) $$\sin 2(i_1 - E_1) = -2f \sin i_1.$$

Für sämmtliche Satelliten in unserem Planetensysteme ist f eine kleine Grösse (< 0.01), wir können deswegen mit hinreichender Genauigkeit die Lösung von (14) in der Form

(15) $$i_1 = E_1 - f \sin E_1$$

schreiben. Setzen wir $i_2 = \varepsilon - i_1$, so ist mit demselben Genauigkeitsgrad

(16) $$i_2 = E_2 + f \sin E_1.$$

Die Lösung der Gleichungen (10) lautet also

(17) $$\begin{cases} x_0 = \cos i_1, \\ y_0 = 0, \end{cases}$$

wo i_1 aus (15) erhalten wird.

Zur Bestimmung von x_1 und y_1 brauchen wir die zweiten Ableitungen von H_1 nach x_0 und y_0.

Offenbar hat man (für $y_0 = 0$)

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial x_0 \partial y_0} = 0,$$

und

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial y_0^2} = -s_2 \cos(i_1 - \varepsilon) \sin i_1 \sin \varepsilon.$$

Um $\partial^2 H_1 : \partial x^2$ zu erhalten bemerken wir, dass

$$\frac{\partial H_1}{\partial i} = -\frac{\partial H_1}{\partial x} \sin i,$$

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial i^2} = \frac{\partial^2 H_1}{\partial x^2} \sin^2 i - x \frac{\partial H_1}{\partial x},$$

oder da $\partial H_1 : \partial x_0 = 0$ ist,

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial i^2} = \frac{\partial^2 H_1}{\partial x_0^2} \sin^2 i_1 .$$

Nun ist aber (für $y = 0$)

$$2 \frac{\partial H_1}{\partial i} = (s_1 + s_2 \cos 2\varepsilon) \sin 2i - s_2 \sin 2\varepsilon \cos 2i - 2 \sin i \frac{d\Omega_0}{dt}$$

also

$$\sin^2 i_1 \frac{\partial^2 H_1}{\partial x_0^2} = (s_1 + s_2 \cos 2\varepsilon) \cos 2i_1 + s_2 \sin 2\varepsilon \sin 2i_1 - \cos i_1 \frac{d\Omega_0}{dt} . \tag{18}$$

Es genügt zu zeigen, dass $\partial^2 H_1 : \partial x_0^2$ von Null verschieden ist. Führt man die Grösse E_1 ein, lautet die obige Gleichung

$$\frac{\sin^2 i_1}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2 s_1 s_2 \cos 2\varepsilon}} \frac{\partial^2 H_1}{\partial x_0^2} = \cos 2 (i_1 - E_1) - f \cos i_1$$

und nach (14) hat die rechte Seite näherungsweise den Werth $1 - f \cos E_1$.

Um die Gleichungen II des vorigen Paragraphen zu bilden, brauchen wir noch die Ausdrücke für $\partial x_0 : \partial \varepsilon$ und $\partial y_0 : \partial \varepsilon$.

Man hat nach (17)

$$\frac{\partial x_0}{\partial \varepsilon} = - \sin i_1 \frac{\partial i_1}{\partial \varepsilon},$$
$$\frac{\partial y_0}{\partial \varepsilon} = 0 .$$

Die Gleichungen für x_1 und y_1 lauten also

$$\frac{\partial x_0}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial^2 H_1}{\partial y_0^2} y_1 ,$$
$$0 = \frac{\partial^2 H_1}{\partial x_0^2} x_1 ,$$

welche geben, da $\partial^2 H_1 : \partial x_0^2$ von Null verschieden ist,

$$x_1 = 0 ,$$
$$y_1 = - \frac{\frac{\partial i_1}{\partial \varepsilon}}{s_2 \cos (i_1 - \varepsilon) \sin \varepsilon} . \tag{19}$$

Die Grösse $\partial i_1 : \partial \varepsilon$ lässt sich leicht durch ε ausdrücken. Man hat in der That

$$\frac{\partial i_1}{\partial \varepsilon} = (1 + e \cos E_1) \frac{dE_1}{d\varepsilon}$$

und

$$\frac{dE_1}{d\varepsilon} = \frac{s_2 (s_2 + s_1 \cos 2\varepsilon)}{s_1^2 + s_2^2 + 2 s_1 s_2 \cos 2\varepsilon} .$$

Führen wir die Entwickelung (10*) nicht weiter als bis zur ersten Potenz von ε' *inkl.*, hat man also folgende partikulare Lösung der Differentialgleichungen (7)

$$x = \cos i = \cos i_1,$$
(20)
$$y = \Omega - \Omega_0 = y_1 \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

Die Lösung stellt also eine Ebene dar, die eine Neigung i_1 gegen die Bahnebene des Planeten hat und deren Knotenlänge auf dieser Bahnebene um den Werth

$$y_1 \frac{d\varepsilon}{dt}$$

von der Knotenlänge des Ekvators abweicht.

Ich werde diese Ebene als die *intermediäre Ebene* der Satellitenbahn bezeichnen.

Ist ε unveränderlich fällt Ω mit Ω_0 zusammen und die intermediäre Ebene wird mit der »plan fixe» von LAPLACE identisch.

5. **Allgemeine Lösung der Differentialgleichungen.** Aus der partikularen Lösung (20) lässt sich die allgemeine Lösung der Differentialgleichungen ableiten. Setzt man

$$(x) = \cos i_1,$$
(21)
$$(y) = y_1 \frac{d\varepsilon}{dt},$$

so kann man die allgemeine Lösung bilden etwa in der Weise, dass man

$$x = (x) + \xi$$
$$y = (y) + \eta$$

setzt und die »Equations aux variations» aufsucht, indem man ξ und η als kleine Grössen betrachtet. Die Differentialgleichungen für ξ und η lauten dann

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{\partial^2 H_1}{\partial x \partial y} \xi + \frac{\partial^2 H_1}{\partial y^2} \eta,$$
$$\frac{d\eta}{dt} = -\frac{\partial^2 H_1}{\partial x^2} \xi - \frac{\partial^2 H_1}{\partial x \partial y} \eta,$$

oder, da

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial x \partial y} = 0$$

ist,

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{\partial^2 H_1}{\partial y^2} \eta,$$
(22)
$$\frac{d\eta}{dt} = -\frac{\partial^2 H_1}{\partial x^2} \xi,$$

welche Gleichungen leicht integrirt werden können, im Besonderen, da die zweiten Ableitungen von H_1 nach x und y nahe konstante Werthe haben.

6. Eine kanonische Transformation. Es zeigt sich indessen, dass die Veränderlichen ξ und η des vorigen Paragraphen nicht die geeignesten sind, wenn man die Bewegung in der Nähe der partikularen Lösung $x = \cos i$, $y = y_1 \frac{dz}{dt}$ untersuchen will. Vielmehr ist es dabei das natürlichste die Bewegung der Bahnebene des Satelliten auf die intermediäre Ebene zu beziehen. Ich werde zeigen, dass man den Cosinus der Neigung der Satellitenebene gegen diese intermediäre Ebene und die entsprechende Knotenlänge als kanonische Veränderlichen einführen kann, auch wenn die intermediäre Ebene in Folge der Præcession und der Variation der Neigung des Planetenekvators gegen die Bahnebene des Planeten eine veränderliche Lage im Raume einnimmt. Nur muss für H_1 eine andere charakteristische Funktion eingeführt werden, deren Werth unten angegeben wird.

Betrachte der Allgemeinheit wegen ein beliebiges sphærisches Dreieck mit den Seiten a, b, c und den entsprechenden Winkeln A, B, C. Die Seite c betrachten wir zuerst als unveränderlich. Wir nehmen an, dass $\cos a$ und B konjugirte kanonische Veränderlichen sind, so dass

(23) $$\frac{d \cos a}{dt} = \frac{\partial H}{\partial B}, \quad \frac{dB}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \cos a}$$

ist, wo H eine gegebene Funktion von a, B und t ist.

Geht man von den Veränderlichen a und B zu den Veränderlichen b und A über, so behaupte ich, dass $\cos b$ und $-A$ auch konjugirte kanonische Veränderlichen sind mit derselben charakteristischen Funktion H. Nach der allgemeinen Theorie (Vorlesungen über die Mech. d. Himmels I, s 291) ist dafür die Bedingung

$$+1 = -\frac{\partial \cos a}{\partial \cos b}\frac{\partial B}{\partial A} + \frac{\partial \cos a}{\partial A}\frac{\partial B}{\partial \cos b}$$

oder

(24) $$+1 = \frac{\sin a}{\sin b}\left[\frac{\partial a}{\partial A}\frac{\partial B}{\partial b} - \frac{\partial a}{\partial b}\frac{\partial B}{\partial A}\right]$$

erforderlich.

Nach den Differentialformeln für sphærische Dreiecke hat man aber zwischen den Differentialen von a, B, b, A und c die Relationen

(25) $$da = \cos C db + \cos B dc + \sin B \sin c dA,$$

$$\sin a dB = \sin C db - \cos a \sin B dc - \sin b \cos C dA,$$

welche geben

$$\frac{\partial a}{\partial A} = \sin B \sin c = \sin b \sin C,$$

$$\frac{\partial B}{\partial b} = \frac{\sin C}{\sin a},$$

$$\frac{\partial a}{\partial b} = \cos C,$$

$$\frac{\partial B}{\partial A} = -\frac{\sin b \cos C}{\sin a},$$

woraus unmittelbar hervorgeht, das die Bedingung (24) erfüllt ist.

Ich nehme nun zweitens an, dass die Winkel c mit der Zeit veränderlich ist, und als eine bestimmte Funktion der Zeit gegeben vorliegt. Man erhält dann

$$\frac{d\cos b}{dt} = \frac{\partial H}{\partial(-A)} + \frac{\partial \cos b}{\partial c}\frac{dc}{dt},$$

$$\frac{d(-A)}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \cos b} + \frac{\partial(-A)}{\partial c}\frac{dc}{dt}.$$

Wird aber in (25) a gegen b, B gegen A und umgekehrt vertauscht, so hat man die Relationen

(26) $$db = \cos C da + \cos A dc + \sin A \sin c dB,$$
$$\sin b dA = \sin C da - \cos b \sin A dc - \sin a \cos C dB,$$

so dass

$$\frac{\partial b}{\partial c} = \cos A \therefore \frac{\partial \cos b}{\partial c} = -\sin b \cos A,$$

$$\frac{\partial A}{\partial c} = -\frac{\cos b \sin A}{\sin b} \therefore \frac{\partial(-A)}{\partial c} = \frac{\cos b \sin A}{\sin b}.$$

Folglich ist

$$\frac{\partial \cos b}{\partial c} = \frac{\partial \sin b \sin A}{\partial(-A)},$$

$$\frac{\partial(-A)}{\partial c} = -\frac{\partial \sin b \sin A}{\partial \cos b}.$$

Führt man nun die neue charakteristische Funktion

(27) $$H_2 = H + \sin b \sin A \frac{dc}{dt}$$

ein, so hat man

(27*) $$\frac{d\cos b}{dt} = \frac{\partial H_2}{\partial(-A)};\quad \frac{d(-A)}{dt} = -\frac{\partial H_2}{d\cos b}.$$

Indem wir uns auf einen allgemeineren Standpunkt stellen, können wir das vorliegende Problem in folgender Weise formulieren. Eine unbewegliche Ebene S_1 ist gegeben, eine Ebene S_2 bewegt sich in beliebiger Weise doch so, dass ihre Lage in Verhältniss zu S_1 in jedem Augenblick bekannt ist. Die Differentialgleichungen für die Bewegung einer dritten Ebene S in Verhältniss zur festen Ebene S_1 sind bekannt. Gesucht die Differentialgleichungen für die Bewegung von S in Verhältniss zu S_2.

Die Neigung der Ebene S_2 gegen S_1 sei n_0, die Länge des aufsteigenden Knotens von S_2 auf S_1 sei ω_0. Die Grössen n_0 und ω_0 sind bekannte Funktionen der Zeit.

Die Neigung und Knotenlänge von S bezogen auf S_1 seien n_1 und ω_1. Die entsprechenden Grössen in Bezug auf S_2 seien n_2 und ω_2.

Wir nehmen an, dass die Differentialgleichungen für n_1 und ω_1 die Form

(28) $$\frac{d \cos n_1}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \omega_1}, \quad \frac{d\omega_1}{dt} = \frac{\partial N}{\partial \cos n_1},$$

haben.

Zuerst führen wir $\omega_1 - \omega_0$ statt ω_1 als Veränderliche ein. Setzt man

(29) $$H_1 = H + \cos n_1 \frac{d\omega_0}{dt},$$

so ist offenbar

(30) $$\frac{d \cos n_1}{dt} = \frac{\partial H_1}{\partial(\omega_1 - \omega_0)}; \quad \frac{d(\omega_1 - \omega_0)}{dt} = -\frac{\partial H_1}{\partial \cos n_1}.$$

Betrachte nun das sphærische Dreieck PP_1P_2 zwischen den Polen der Ebenen SS_1S_2. In diesem Dreieck haben die Seiten und Winkel folgende Werthe

$$P_1P_2 = n_0,$$
$$P_1P = n_1, \quad \wedge P_2P_1P = \omega_1 - \omega_0$$
$$P_2P = n_2, \quad \wedge P_1P_2P = 180^0 - (\omega_2 - \omega_0).$$

Nach dem vorhergehenden Transformationsteorem hat man dann

(31) $$\frac{d \cos n_2}{dt} = \frac{\partial H_2}{\partial(\omega_2 - \omega_0)}; \quad \frac{d(\omega_2 - \omega_0)}{dt} = -\frac{\partial H_2}{\partial \cos n_2},$$

wo

(32) $$H_2 = H_1 + \sin n_1 \sin(\omega_1 - \omega_0) \frac{dn_0}{dt}$$
$$= H + \cos n_1 \frac{d\omega_0}{dt} + \sin n_1 \sin(\omega_1 - \omega_0) \frac{dn_0}{dt},$$

in welcher Formel man n_1 und ω_1 gegen n_2 und ω_2 vertauschen kann mittelst der Formeln

(33) $$\begin{aligned} \sin n_1 \sin(\omega_1 - \omega_0) &= \sin n_2 \sin(\omega_2 - \omega_0), \\ \sin n_1 \cos(\omega_1 - \omega_0) &= \cos n_2 \sin n_0 + \sin n_2 \cos n_0 \cos(\omega_2 - \omega_0), \\ \cos n_1 &= \cos n_2 \cos n_0 - \sin n_2 \sin n_0 \cos(\omega_2 - \omega_0). \end{aligned}$$

Hieraus erhalten wie die gesuchten Differentialgleichungen für n_2 und ω_2 in der Form

(34) $$\frac{d \cos n_2}{dt} = \frac{\partial H_2}{\partial \omega_2}; \quad \frac{d\omega_2}{dt} = -\frac{\partial H_2}{\partial \cos n_2},$$

wo

(34*) $$H_8 = H + (\cos n_1 - \cos n_2)\frac{d\omega_0}{dt} + \sin n_1 \sin(\omega_1 - \omega_0)\frac{dn_0}{dt}.$$

Wir sind also zum folgenden allgemeinen Transformationsteorem gelangt:

Eine Ebene S habe die Neigung n_1 und die Knotenlänge ω_1 bezogen auf eine feste Ebene S_1. Die Grössen n_1 und ω_1 mögen durch die kanonischen Differentialgleichungen

$$\frac{d\cos n_1}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \omega_1}, \quad \frac{d\omega_1}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \cos n_1}$$

bestimmt sein, wo H eine Funktion von n_1, ω_1 und t ist. Ist denn S_2 eine andere Ebene, welche die Neigung n_0 und die Knotenlänge ω_0 bezogen auf die feste Ebene S_1 hat — wo n_0 und ω_0 bekannte Funktionen der Zeit sind — so sind die Neigung n_2 der Ebene S gegen die Ebene S_2 und die entsprechende Knotenlänge ω_2 durch die Differentialgleichung

$$\frac{d\cos n_2}{dt} = \frac{\partial H_8}{\partial \omega_2}, \quad \frac{d\omega_2}{dt} = -\frac{\partial H_8}{\partial \cos n_2}.$$

bestimmt, wo H_8 durch die Formel (34) definirt ist.*

7. **Anwendung auf das Satelliten-problem.** Wir wollen jetzt die Bewegung der Bahnebene des Satelliten auf die intermediäre Ebene beziehen. Die letztere hat die Neigung i_1 gegen die feste Bahnebene des Hauptplaneten und die Knotenlänge

(35) $$\Omega_1 = \Omega_0 + y_1\frac{ds}{dt}.$$

Werden die Neigung und die Knotenlänge der Satellitenebene, auf die intermediäre Ebene bezogen, mit ι und ω bezeichnet, so hat man nach dem vorigen Paragraphen die Bewegungsgleichungen

(36) $$\frac{d\cos\iota}{dt} = \frac{\partial H_8}{\partial \omega}; \quad \frac{d\omega}{dt} = -\frac{\partial H_8}{\partial \cos\iota},$$

wo

(36*) $$H_8 = H + (\cos i - \cos\iota)\frac{d\Omega_1}{dt} + \sin i \sin(\Omega - \Omega_1)\frac{di_1}{dt},$$

wo H durch die Formel (3) gegeben ist, und

(37) $$\begin{aligned} \sin i \sin(\Omega - \Omega_1) &= \sin\iota \sin(\omega - \Omega_1), \\ \cos i &= \cos\iota \cos i_1 - \sin\iota \sin i_1 \cos(\omega - \Omega_1) \end{aligned}$$

ist.

Bei der Integration dieser Gleichungen ist es im Allgemeinen zu empfehlen die Funktion H_8 nach Potenzen von ι zu entwickeln. Da in den meisten Fällen ι sehr klein ist, genügt es dabei die zweite Potenz von ι in Betracht zu ziehen.

Auch wenn ι verhältnissmässig gross ist, lässt sich indessen die Integration der Gleichungen (36) ausführen. Es ist

$$\begin{aligned} H = &+ \frac{1}{2} s_1 \left[\cos \iota \cos i_1 - \sin \iota \sin i_1 \cos(\omega - \Omega_0)\right]^2 \\ &+ \frac{1}{2} s_2 \left[\cos \iota \cos i_2 + \sin \iota \sin i_2 \cos(\omega - \Omega_0)\right]^2 \end{aligned} \tag{38}$$

oder $H = + \frac{1}{2} \cos^2 \iota (s_1 \cos^2 i_1 + s_2 \sin^2 i_2) + \frac{1}{2} \sin^2 \iota \cos^2(\omega - \Omega_0)(s_1 \sin^2 i_1 + s_2 \sin^2 i_2)$

$$- \frac{1}{2} \cos \iota \sin \iota \cos(\omega - \Omega_0)[s_1 \sin 2i_1 - s_2 \sin 2 i_2]$$

In diesen Formeln setzen wir nach (15) und (16) die Werthe

$$i_1 = E_1 - f \sin E_1$$
$$i_2 = E_2 + f \sin E_1$$

ein, und vernachlässigen die zweite und höheren Potenzen von f. Dann ist

$$\sin^2 i_1 = \sin^2 E_1 - f \sin E_1 \sin 2 E_1,$$
$$\sin^2 i_2 = \sin^2 E_2 + f \sin E_1 \sin 2 E_2,$$
$$\cos^2 i_1 = \cos^2 E_1 + f \sin E_1 \sin 2 E_1,$$
$$\cos^2 i_2 = \cos^2 E_2 - f \sin E_1 \sin 2 E_2,$$

also nach (11) und (12)

$$s_1 \sin^2 i_1 + s_2 \sin^2 i_2 = s_1 \sin^2 E_1 + s_2 \sin^2 E_2,$$
$$s_1 \cos^2 i_1 + s_2 \cos^2 i_2 = s_1 \cos^2 E_1 + s_2 \cos^2 E_2.$$

Weiter ist

$$\sin 2 i_1 = \sin 2 E_1 - \cos 2 E_1 \, 2 f \sin E_1,$$
$$\sin 2 i_2 = \sin 2 E_2 + \cos 2 E_2 \, 2 f \sin E_1$$

und somit

$$\begin{aligned} s_1 \sin 2 i_1 - s_2 \sin 2 i_2 &= - 2 f \sin E_1 (s_1 \cos 2 E_1 + s_2 \cos 2 E_2) \\ &= - 2 \frac{d\Omega_0}{dt} \sin E_1 \quad \text{Nach (14*)} \end{aligned}$$

so dass

$$\begin{aligned} H = &\frac{1}{2} \cos^2 \iota (s_1 \cos^2 E_1 + s_2 \cos^2 E_2) + \frac{1}{2} \sin^2 \iota \cos^2(\omega - \Omega_0)(s_1 \sin^2 E_1 + s_2 \sin^2 E_2) \\ &+ \cos \iota \sin \iota \cos(\omega - \Omega_0) \sin E_1 \frac{d\Omega_0}{dt}. \end{aligned} \tag{39}$$

Wir führen hier eine Hilfsgrösse L durch die Formeln

$$\begin{aligned} s_1 \cos^2 E_1 + s_2 \cos^2 E_2 &= (s_1 + s_2) \cos^2 L, \\ s_1 \sin^2 E_1 + s_2 \sin^2 E_2 &= (s_1 + s_2) \sin^2 L \end{aligned} \tag{40}$$

ein, — welche Relationen immer durch einen reellen Werth von L erfüllt werden können — so dass H die Form

$$H = \frac{s_1 + s_2}{2}\left[\cos^2 \iota \cos^2 L + \sin^2 \iota \sin^2 L \cos^2 (\omega - \Omega_0)\right]$$
$$+ \cos \iota \sin \iota \cos (\omega - \Omega_0) \sin E_1 \frac{d\Omega_0}{dt}$$

annimmt.

Drückt man L durch ε aus, so hat man nach (11) und (12)

$$(40^*) \qquad \begin{aligned} (s_1 + s_2) \cos 2L &= \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2 s_1 s_2 \cos 2\varepsilon} \\ (s_1 + s_2) \sin 2L &= 2\sqrt{s_1 s_2} \sin \varepsilon \end{aligned}$$

Die Differentialgleichungen (36) für ι und ω sind nunmehr von derselben Form wie die bekannten Differentialgleichungen für das *Delaunay*'sche Problem und können genau integrirt werden. Wird die dritte Potenz von $\sin \iota$ vernachlässigt, so hat man

$$\cos i - \cos \iota = \sin^2 \iota \sin^2 \frac{1}{2} E_1 - \sin \iota \sin E_1 \cos (\omega - \Omega_0)$$

und

$$(41) \qquad H_s = -\frac{s_1 + s_2}{2}\left[\cos^2 L - \sin^2 L \cos^2 (\omega - \Omega_0)\right] \sin^2 \iota - \sin^2 \frac{1}{2} E_1 \sin^2 \iota \frac{d\Omega_0}{dt}.$$

Die Integrale der Gleichungen

$$(41^*) \qquad \frac{d \cos \iota}{dt} = \frac{\partial H_s}{\partial \omega}, \qquad \frac{d\omega}{dt} = -\frac{\partial H_s}{\partial \cos \iota}$$

haben für die meisten Satelliten die Form

$$\cos \iota = A_0 + \Sigma A_r \cos r\alpha t,$$
$$\omega = \alpha t + c_0 + \Sigma B_r \sin r\alpha t,$$

wo α ein gewisse Konstante bezeichnet. In vielen Fällen ist es hinreichend die ersten Glieder dieser Entwicklungen mitzunehmen. Man findet nämlich aus (40*), dass L für fast alle Satelliten in unserem Planetensystem eine sehr kleine Grösse ist. Die Relation

$$\sin 2L = \frac{2\sqrt{s_1 s_2}}{s_1 + s_2} \sin \varepsilon$$

zeigt nämlich, dass L klein ist so oft $s_1 : s_2$ oder $s_2 : s_1$ klein ist. Wie man im folgenden Paragraphen finden wird, haben aber diese beiden Quotienten einen der Einheit nahen Werth nur für einen einzigen Satelliten. — Nämlich für den achten Saturnsatelliten *Japetus*. Für alle anderen Satelliten ist entweder $s_1 : s_2$ oder $s_2 : s_1$ klein und also auch $\sin 2L$ klein.

Näherungsweise ist also

$$H_8 = \frac{s_1 + s_2}{2} \cos^2 \iota$$

und also nach (41*) genähert

$$\frac{d \cos \iota}{dt} = 0$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -(s_1 + s_2) \cos \iota$$

Die Bewegung der Bahnebene des Satelliten geht also näherungsweise so vor sich, dass die Bahnebene eine konstante Neigung gegen die intermediäre Ebene behält und der aufsteigende Knoten auf dieser Ebene mit der Geschwindigkeit $s_1 + s_2$ sich rückwärts auf der intermediären Ebene bewegt. Wird die Bewegung des Knotens des Planetenekvators mit berücksichtigt, so ist in der Knotenlänge das Glied

$$-\sin^2 \frac{1}{2} E_1 \frac{d\Omega_0}{dt} t$$

hinzuzufügen.

Die geometrische Bedeutung der beiden Grössen s_1 und s_2 ist leicht zu finden. Wenn nämlich die Abplattung vernachlässigt wird, so hat man

$$H = \frac{1}{2} s_1 \cos^2 i,$$

und s_1 (richtiger $s_1 \cos i$) stellt also näherungsweise die Bewegung der Satellitenebene auf der Planetenebene dar, wenn die Sonne allein als störende Körper auftritt.

Wird andererseits der Ekvator als Grundebene genommen und die Einwirkung der Sonne nicht berücksichtigt wird, so ist näherungsweise

$$H = \frac{1}{2} s_2 \cos^2 I,$$

und s_2 stellt also näherungsweise die Bewegung des Knotens der Satellitenebene auf der Ekvatorsebene des Hauptplaneten dar. unter Voraussetzung, dass nur die Einwirkung der Abplattung des Hauptplaneten auf die Bewegung der Satellitenebene berücksichtigt wird. In beiden Fällen ist das von der Præcession abhängige Glied — das indessen verhältnissmässig klein ist — nicht berücksichtigt worden.

Die intermediäre Ebene kann als eine Ebene angesehen werden, auf welcher die Bewegung des Knotens der Satelliten ein Maximum ist.

8. **Numerische Resultate für die Satelliten in unserem Planetensysteme.** Wird die siderische Umlaufszeit des Satelliten mit τ, diejenige des Hauptplaneten mit T bezeichnet, so hat man für s_1 und s_2 nach (4) die Ausdrücke

(42)
$$\frac{s_1}{n} = \frac{3}{4}\frac{N^2}{n^2} = \frac{3}{4}\frac{\tau^2}{T^2},$$
$$\frac{s_2}{n} = \frac{3}{5}\left(\frac{a_1}{a}\right)^2 \frac{a_1 - c_1}{a_1}.$$

Für die verschiedenen Satelliten habe ich mich der folgenden Elemente bedient.

Erdmond:

$$\tau = 27^{\mathrm{T}},32,$$
$$T = 365{,}25,$$
$$a : a_1 = 60{,}27,$$
$$(a_1 - c_1) : a_1 = 1 : 305{,}6.$$

Ausserdem setze ich

$$\varepsilon = 23^0{,}45; \quad \frac{d\Omega_0}{dt} = -50'',21.$$

Marsmonde:

$$T = 687{,}0,$$
$$(a_1 - c_1) : a_1 = 1 : 220, \text{ (*Flammarion*)}$$
$$\varepsilon = 24^0{,}87,$$
$$\frac{d\Omega_0}{dt} = -6'',821,$$
$$a_1 = 4'',71 \text{ (*Hartwig* 1878).}$$

Phobos

$a = 12'',95$ (*Hall*, 1878),

$\tau = 0{,}3180$,

$a : a_1 = 2{,}75$,

Deimos

$a = 32'',85$, (*Hall* 1878),

$\tau = 1{,}2624$,

$a :_1 a = 6{,}87$.

Jupitersatelliten:

$$(a_1 - c_1) : a_1 = 1 : 15{,}78 \text{ (*Bessel* 1833),}$$
$$T = 4332{,}6,$$
$$\varepsilon = 3^0{,}09,$$
$$\frac{d\Omega_0}{dt} = -0'',993$$
$$a_1 = 18'',80 \text{ (*Bessel*).}$$

	V	I	II	III	IV	VI	VII
τ	0^{T},4982	1,7692	3,5518	7,1546	16,6877	251	260,06
a	48,06	111,74	177,80	283,61	498,87	3036	3113
$a : a_1$	2,56	5,94	9,46	15,08	26,54	161,6	165,6

Die Elemente des Jupitersatelliten V sind von ***Marth*** gegeben (Astr. Nachr. 3404, 1897). Die Elemente der 6:ten und 7:ten Jupitermonde rühren von ***Ross*** her (A. N. 4042 (1905) und A. N. 4175 (1907)). Den neulich entdeckten 8:ten Jupiter- werde ich unten behandeln.

Saturnsatelliten.

$$T = 10759^r,$$

$$(a_1 - c_1) : a_1 = 0{,}1051 \text{ (H. Struve)},$$

$$\varepsilon = 28^0{,}08 \quad (\quad » \quad),$$

$$\frac{d\Omega_0}{dt} = -0'',46 (\quad » \quad),$$

$$a_1 = 8'',786 \quad (\quad » \quad).$$

	I	II	III	IV	V	VI	X	VII	VIII	IX
τ	0^r,9425	1,3700	1,8875	2,7875	4,5167	15,9458	20,85	21,2888	79,3292	550,4
a	26'',81	34,40	42,59	54,54	76,17	176,58	211,2	213,92	514,60	1869
$a:a_1$	3,24	4,16	5,15	6,59	9,20	21,84	25,52	25,84	62,19	225,8

Die Elemente der acht älteren Saturnsatelliten sind nach *H. Struve* (Publ. de l'Obs. Centr. Nic. Ser. II, Vol. XI) angegeben. Die Elemente von Saturn IX (***Phoebe***) sind die von ***Ross*** in Annals of the Harvard Observatory Bd. 53, von Saturn X (***Themis***) die von ***Pickering*** in demselben Band der Harvard Annalen.

Uranussatelliten.

$$T = 30586^r$$

$$a_1 = 1''919$$

$$(a_1 - c_1) : a_1 = 1 : 15 \text{ (Bergstrand)}$$

	τ	a	$a:a_1$
Ariel	2^r,5204	13'',62	7,01
Umbriel	4,1442	19,20	9,91
Titania	8,7059	31,48	16,11
Oberon	13,4633	42,10	21,54

Neptuntrabant.

$$T = 60186^r$$

$$a_1 = 1'',10$$

$$a = 16'',27 \text{ (H. Struve)}$$

$$\tau = 5^r,878$$

Aus diesen Elementen habe ich nach den Formeln (42), (11), (12) und (14) folgende Werthe der Grössen s_1, s_2, E_1, E_2 und f abgeleitet.

Tafel I.

	s_1	s_2	$s_1 : s_2$	E_1	E_2	$10^6 f$
Erdmond	199″,05	0″,0256	7761	9″,26	—	— 690
Marsmonde:						
Phobos	0,656	1467	0,000448	—	35″,2	— 11,8
Deimos	2,599	59,89	0,04876	—	3445	— 291,5
Jupitersatelliten						
V	0,026	15186	0,00000	—	0,002	— 3,44
I	0,124	1070,66	0,00012	—	1,286	— 3,44
II	0,208	171,66	0,00118	—	13,11	— 17,46
III	0,875	30,77	0,01219	—	153,8	— 89,58
IV	0,886	4,314	0,20530	2°,565	0°,525	— 536,50
VI	12,999	0,0076	1720,8	6″,45	—	— 209,26
VII	13,457	0,0069	1941,8	5,72	—	— 201,97
Saturnsatelliten						
I Mimas	0,0079	8261,9	0,00000	—	0″,08	— 0,152
II Enceladus	0,0115	3451,5	0,00000	—	0,29	— 0,365
III Tethys	0,0158	1634,9	0,00001	—	0,83	— 0,770
IV Dione	0,0230	687,2	0,00003	—	2,87	— 1,833
V Rhea	0,0379	213,5	0,00018	—	15,22	— 5,900
VI Titan	0,1839	11,255	0,01190	—	1019,18	— 111,2
(X Themis)	0,1751	6,022	0,02908	—	2492,00	—2000
VII Hyperion	0,1787	5,748	0,03109	—	2663,89	—2154
VIII Japetus	0,6661	0,2664	2,5004	7°,60	20°,48	—1493
IX Phoebe	4,6215	0,0029	1587,05	52″,98	—	— 272,6
Uranussatelliten						
Ariel	0,0026	418,5	0,00001	—	0″,17	?
Umbriel	0,0043	127,4	0,00003	—	0,94	»
Titania	0,0090	22,94	0,00039	—	11,00	»
Oberon	0,0140	8,80	0,00169	—	47,03	»
Neptuntrabant	0,0016	$604'',8 \frac{a_1 - c_1}{a_1}$				

In dieser Tafel ist nur der Werth einer der Grössen E_1 und E_2 ausgeschrieben. Die andere Grösse erhält man aus der Formel (13)

$$E_1 + E_2 = s.$$

Wir man findet, ist für keinen Satelliten der Werth der Grösse f von merkbarem Einfluss auf die Bestimmung der Lage der intermediären Ebene. Man kann ohne bedeutenden Fehler i_1 mit E_1 indentificiren.

Aus dieser Tafel können wir folgende Schlüsse ziehen.

Zuerst bemerken wir, dass nach § 7 die Neigung der Satellitenebene gegen die *intermediäre* Ebene klein bleibt, wenn sie zu einer gewissen Zeit klein gewesen ist. Die Lage der intermediären Ebene gegen die Ekliptik (E_1) und gegen den Ekvator des Hauptplaneten (E_2) ist indessen durch die Formeln

$$\text{(43)} \qquad \operatorname{tg} 2 E_1 = \frac{s_2 \sin 2\varepsilon}{s_1 + s_2 \cos 2\varepsilon},$$

$$\text{(43*)} \qquad \operatorname{tg} 2 E_2 = \frac{s_1 \sin 2\varepsilon}{s_2 + s_1 \cos 2\varepsilon}$$

gegeben.

Ist nun

$$1) \quad s_1 > s_2,$$

so kann der Nenner der rechten Seite von (43) niemals verschwinden und folglich kann in diesem Falle der Winkel E_1 niemals einen grösseren Werth als 45° erhalten. Nehmen wir an, dass ε von Null bis 180° stetig wächst, so erhalten wir, für $\varepsilon = 0$, $E_1 = 0$. Da

$$\text{(44)} \qquad \frac{dE_1}{d\varepsilon} = \frac{s_2(s_2 + s_1 \cos 2\varepsilon)}{s_1^2 + s_2^2 + 2 s_1 s_2 \cos 2\varepsilon}$$

ist, so wächst E_1 mit ε bis man zu einem Werth von ε etwas kleiner als 90° gekommen ist, der durch die Formel

$$\cos 2\varepsilon = -\frac{s_2}{s_1}$$

bestimmt ist. Der entsprechende Werth von E_1, den wir mit $E_1^{(m)}$ bezeichnen wollen, ist durch die Formel

$$\sin 2 E_1^{(m)} = \frac{s_2}{s_1}$$

bestimmt. Dann nimmt E_1 ab, und, für $\varepsilon = 90°$, hat man wieder $E_1 = 0$. Wächst ε weiter über 90°, so nimmt E_1 ab, bis der Werth $-E_1^{(m)}$ erreicht ist, um dann wieder zu wachsen, so dass, für $\varepsilon = 180°$, wieder $E_1 = 0$ ist.

Anders verhält sich die Sache, wenn

$$2) \quad s_1 < s_2$$

ist. In diesem Falle wächst nach (44) E_1 stetig mit ε. Für $\varepsilon = 0$, hat man $E_1 = 0$, Für $\varepsilon = 90°$ ist $E_1 = 90°$, und für $\varepsilon = 180°$, ist $E_1 = 180°$. Der Winkel E_2 zwischen der intermediären Ebene und dem Ekvator des Hauptplaneten schwankt zwischen den Grenzen $\pm E_2^{(m)}$, wo

$$\sin 2 E_2^{(m)} = \frac{s_1}{s_2}$$

ist.

Ist $s_1 < s_2$, folgt also die intermediäre Ebene den Bewegungen des Ekvators nicht nur in so fern die gewöhnliche Præcession des Ekvators in Betracht kommt

— man vergleiche die Formel (20) — sondern auch wenn die Neigung der Bahnebene des Ekvators gegen die Bahnebene des Hauptplaneten beliebigen, und im Besonderen *säkularen*, Änderungen unterworfen ist.

Betrachten wir nun die Tafel I, so finden wir, dass folgende Satelliten immer in der Nähe des Ekvators ihrer Hauptplaneten bleiben.

Gruppe A.

Die beiden Marssatelliten;

Die vier Galilei'schen Jupitermonde und der Barnard'sche Mond V;

Die sieben alten inneren Saturnsatelliten und der noch etwas problemetische Mond X *Themis;*

Die vier Uranussatelliten;

Endlich gehört auch zu dieser Gruppe wahrscheinlich der Neptuntrabant. Die Abplattung ist zwar hier nicht bekannt. Man findet aber, dass eine Abplattung grösser als 0,000003 genügt um diesen Trabanten in der Ebene des Neptunekvators festzuhalten.

In Bezug auf die Uranussatelliten ist zu bemerken, dass die angenommene Abplattung (1/15) vielleicht zu gross ist. Die Werthe von $s_1 : s_2$ zeigen aber, dass auch eine Abplattung, die 100 Mal kleiner ist, im Stande wäre die Satelliten im Uranusekvator festzuhalten.

Folgende Satelliten folgen den Bewegungen des Ekvators ihres Hauptplaneten *nicht:*

Gruppe B.

Der Erdmond,

Die Jupitertrabanten VI und VII,

Der neunte Saturnsatellit Phœbe.

Auf der Grenze zwischen diesen beiden Gruppen steht der achte Jupitermond *Japetus.* Der Quotient $s_1 : s_2$ beträgt für diesen Satelliten 2,5 und überschreitet also nicht viel die Einheit (für die übrigen vier Satelliten der zweiten Gruppe ist s_1 mehr als 1000 Mal grösser als s_2). Es ist zu bemerken, dass in dieser Untersuchung nur die Einwirkung der Sonne und der Abplattung des Hauptplaneten auf die Bewegung der Satellitenebene in Betracht gezogen worden sind. Hierzu kommt aber noch die Einwirkung der übrigen Satelliten und für Saturn ausserdem die Einwirkung des Ringes. Wenn es von den säkularen Störungen die Rede ist, auf welche es hier allein ankommt, so addiren sich diese Einflüsse zu der Einwirkung der Abplattung auf die Bewegung der Satellitenebene und bewirken, dass der Werth von s_2 vergrössert wird. Dank sei in der erster Linie den eingehenden Untersuchungen von *H. Struve* sind die Verhältnisse im Saturnsystem ziemlich gut bekannt. Im Besonderen hat dieser Gelehrte durch eine sorgfältige Diskussion den Werth von $s_1 : s_2$ berechnet ($K : K'$ nach seiner Bezeichnung) und dafür den Werth 1,33 erhalten *). Der betreffende Quotient ist also immer noch etwas grösser als Eins, und die

*) Supplément I aux Observations de Poulkova, s. 85.

Untersuchung der Bewegung der Bahnebene dieses Satelliten erfordert eine mehr eingehende Diskussion als hier gegeben worden ist. Immerhin ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass in früheren Zeiten der Abstand des Satelliten vom Saturn kleiner gewesen ist als jetzt, und dass der Satellit dann den Bewegungen des Saturnekvators gefolgt ist.

Die erhaltenen Resultate erlauben einige für die Kosmogenie des Planetensystems wichtige Schlüsse zu ziehen, wobei ich indessen ausdrücklich betone, dass ich hier nicht auf die Erklärung der Veränderung der Neigung der Ekvatorsebenen der Planeten eingegangen bin.

Was die Planeten *Neptun* und *Uranus* betrifft, folgt aus der Taf. I, dass die Ekvatorsebenen dieser Planeten, deren Lage man bis jetzt nicht aus der Beobachtungen hat ableiten können, mit grosser Wahrscheinlichkeit mit den Bahnebenen der Satelliten der betreffenden Planeten zusammenfallen. Dies hat man ja sehr lange vermuthet. Man findet indessen aus Taf. I, dass eine Abplattung von 0,000008 für *Neptun* und von 0,0001 für *Uranus* genügt um die Satelliten dieser Planeten in den Ekvatorsebenen der Hauptplaneten festzuhalten, wenn sie sich einmal genähert in diesen Ebenen bewegt haben.

In Bezug auf *Saturn* schliesse ich aus früher erwähnten Gründen den Satelliten VIII *Japetus* aus. Wir finden dann aus Taf. I das folgende bemerkenswerthe Resultat. Die sieben inneren Saturnsatelliten — und der Satellit X Themis — folgen den Bewegungen des Saturnekvators. Die Bahnebene des neunten und äussersten Saturnsatelliten *Phœbe* kann sich nur bis zu einer gewissen Grenze von der Ekliptik entfernen. Nun ist aber *Phœbe* rückläufig, wogegen die übrigen Saturnsatelliten sich bekanntlich in direkter Richtung bewegen. Die einfachste Methode diese Verhältnisse zu erklären ist durch die Annahme, dass der Planet *Saturn* zu der Zeit, als die Satelliten sich aus dem Planeten gebildet haben, in retrograder Richtung rotirt hat, und dass die Rotationsachse dann allmählich umgeklippt hat bis sie ihre jetzige Lage erhielt. Die inneren Satelliten sind dann nach Taf. I den Bewegungen des Saturnekvators gefolgt und liegen immer noch in der Ebene des Ekvators, wogegen *Phœbe*, für welchen Satelliten $s_1 : s_2$ grösser als Eins ist, immer noch genähert dieselbe Lage hat, wie zur Zeit, wann die Satelliten gebildet wurden. Bekanntlich hat *W. H. Pickering*, der Entdecker der *Phœbe*. in ähnlicher Weise (wenn auch nicht genau in dieser Weise) die Rückläufigkeit des Satelliten *Phœbe* erklärt.

Kommen wir dann zu den *Jupitersatelliten*. Die fünf inneren folgen den Bewegungen des Jupitersekvators, der 6:te und 7:te Satellit aber nicht. Alle sieben kreisen in direkter Richtung um den Hauptplaneten. Man genügt diesen Thatsachen durch die Annahme, dass *Jupiter* zur Zeit, als die Satelliten gebildet wurden, in *direkter* Richtung rotirt hat, und zwar können wir annehmen, dass die Rotationsachse dann nahe senkrecht zur Ekliptik gestanden ist.

In wie fern der neulich entdeckte 8:te Jupitersatellit diese Schlussfolgerungen beeinflusst, werde ich unten untersuchen.

Die beiden *Marssatelliten*, welche beide den Bewegungen des Ekvator des Hauptplaneten folgen, geben, von dem hier angewandten Gesichtspunkte, keinen Aufschluss über die ursprüngliche Lage der Rotationsachse des Planeten *Mars*.

Für den *Erdmond* ist der Werth des Quotienten $s_1 : s_2$ ein bedeutender — der grösste im ganzen Planetensystem. Wir werden hier, immer unter den gemachten Voraussetzungen, zum Schluss geführt, dass die Erde zur Zeit, als der Mond gebildet wurde, in direkter Richtung rotirt hat, und *dass der Ekvator der Erde einmal früher eine kleinere Neigung gegen die Ekliptik gehabt hat.*

9. **Der achte Jupitermond.** Anfang dieses Jahres wurde in Greenwich ein neuer Satellit Jupiters entdeckt, der für die hier vorliegende Frage in besonders hohem Grade der Aufmerksamkeit verdient ist. Der Satellit liegt ausserhalb der früher bekannten Satelliten Jupiters und ist nach den — zwar bis jetzt nur verläufigen — Untersuchungen von *Cowell* und *Crommelin rückläufig*. Dies scheint in Widerspruch mit dem oben formulirten Satz über die ursprüngliche Rotationsrichtung Jupiters zu stehen. Der Widerspruch wäre gehoben, wenn der neue Satellit nicht ursprünglich zum Jupitersystem gehört hat, sondern vom Aussen von Jupiter aufgefangen worden ist.

Mittelst der *Hill*'schen Grenzkurve kann man wenigstens in gewissen Fällen entscheiden, ob ein Satellit ein eingefangener Körper ist oder nicht. (Man vergleiche meine Vorlesungen II s. 289).

Ich nehme an, dass es sich um einen Planeten — Jupiter — handelt, der sich in einer kreisförmigen Bahn um die Sonne bewegt. Weiter setze ich voraus, dass der betreffende Satellit auch einen Kreis um den Hauptplaneten beschreibt. Die Bewegung ist auf ein rechtwinkliges Achsensystem bezogen mit Anfangspunkt in Jupiter das sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit um Jupiter dreht. Die X-Achse fällt mit dem Radius Vektor Jupiter-Sonne zusammen. Wird die geradlinige Geschwindigkeit des Satelliten in diesem System mit $ds : dt$ bezeichnet, ist a die mittlere grosse Achse der Satellitenbahn und C eine Konstante, so lautet das s. g. *Jacobi*'sche Integral.

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 = \frac{2}{a} + 3a^2 - C.$$

Die Einheiten für Masse, Abstand und Zeit sind nach *Hill* so gewählt, dass

m = Jupitermasse = 1,

k^2 = Attraktionskonstante = 1,

N = mittlere Bewegung Jupiters = 1.

Ich werde diese Einheiten als die *Hill'schen Einheiten* bezeichnen *).

*) Verkürzt zu *H. E.* Die gewöhnlichen astronomischen Einheiten (Sonnenmasse = 1, mittlerer Sonnentag = 1, mittlere Sonnenferne = 1) werde ich mit *a. E.* bezeichnen.

Ist M die Sonnenmasse und A der Radius der Jupiterbahn, so ist nach der dritten Annahme

$$A = (M + 1)^{\frac{1}{3}}$$

und genähert

(45) $$A = M^{\frac{1}{3}}$$

Zwischen den *H. E.* und den *a. E.* bestehen nach dem Obigen folgende Relationen:

$$H.\,E.\ \text{für Masse} \quad = a.\,E. \times m : M,$$

$$H.\,E.\ \text{für Abstand} = a.\,E. \times A : \left(\frac{M}{m} + 1\right)^{\frac{1}{3}},$$

$$H.\,E.\ \text{für Zeit} \quad = a.\,E. \times \frac{T}{2\pi},$$

wo T die Umlaufzeit des Planeten bezeichnet.

Beispielsweis für *Jupiter* ist also

H. E. für Masse	= Sonnenmasse × 1 : 1047,		
H. E. für Abstand =		0,512	Erdbahnhalbmesser,
H. E. für Zeit =		689,6	mittlere Sonnentage

Die Gleichung der *Hill*'schen Grenzkurve lautet

(46) $$0 = \frac{2}{a} + 3a^2 - C.$$

Die Kurve ist geschlossen (*Hill*: American Journal of Math. I), wenn

$$C > 4{,}326$$

ist.

Ist die Grenzkurve geschlossen — und der Satellit innerhalb dieser Kurve liegt — so gehört der Satellit sicher ursprünglich zum System des Planeten. Ist die Grenzkurve *nicht* geschlossen, kann man nur behaupten, dass der Satellit ein fremder Körper sein kann.

Für einen gewissen Fall hat man also nur den Werth der *Jacobi*'schen Konstante C zu berechnen. Fällt $C > 4{,}326$ aus, so hat man es mit einem wirklichen Satelliten zu thun. Sonst ist die Sache noch als offen zu betrachten.

Es hat keine Schwierigkeit die Sache allgemein zu betrachten. Die Konstante C wird aus der Formel

(47) $$C = \frac{2}{a} + 3a^2 - \left(\frac{ds}{dt}\right)^2$$

berechnet. Um einen Ausdruck für $ds : dt$ zu erhalten, so bemerken wir, dass die Geschwindigkeit v des Satelliten auf feste (bez. mit sich selbst immer parallele) Achsen bezogen, die ihren Anfangspunkt in Jupiter haben den Werth

$$\frac{k\sqrt{1+\mu}}{\sqrt{a}}$$

hat, wo μ die Satellitenmasse bezeichnet. Diese Geschwindigkeit hat also, in *Hill*'schen Einheiten ausgedrückt, genähert den Ausdruck

$$v = \frac{1}{\sqrt{a}}.$$

Die Geschwindigkeit — $v_{\odot}$ — der Sonne, auf dieselben Achsen bezogen, hat den Werth

$$v_{\odot} = \frac{\sqrt{M+1}}{\sqrt{A}} = A \text{ nach (45).}$$

Auf den Abstand a hat also der Radius Vektor der Sonne die Geschwindigkeit

$$\frac{a}{A} \cdot A = a$$

und folglich ist

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{\sqrt{a}} \mp a,$$

wo das obere Zeichen für rechtläufige, das untere Zeichen für rückläufige Satelliten gültig ist. Folglich bekommt man aus (47) für C den Ausdruck

$$C = \frac{1}{a} + 2a^2 \pm 2\sqrt{a},$$

Ich habe hieraus die folgenden Werthe für C abgeleitet:

Werthe der Jacobi'schen Konstante.

H. E. a.	Satelliten mit direkter Bewegung.	Satelliten mit retrograder Bew.
0,1	10,66	9,38
0,2	5,98	4,18
0,3	4,61	3,41
0,4	4,08	1,56

Damit der Satellit eine geschlossene Grenzkurve besitzen soll, muss also für Satelliten mit *direkter* Bewegung $a < 0{,}35$ *H. E.* sein, für Satelliten mit retrograder Bewegung $a < 0{,}17$ *H. E.* sein.

Der Librationspunkt L_1 liegt im Abstande 0,693 *H. E.* von Hauptplaneten. Wir erhalten also näherungsweise folgende einfache Regeln um, unter den gemachten Vorauszetzungen, zu entscheiden, ob ein Satellit eine geschlossene Grenzkurve besitzt oder nicht.

I. *Bewegt sich ein Satellit näherungsweise in einem Kreis und in direkter Richtung um den Hauptplaneten, so ist die Grenzkurve geschlossen und der Satellit gehört (von Anfang ab) dem System des Planeten zu, wenn a kleiner ist als der halbe Abstand des Librationspunktes L_1 vom Hauptplaneten.*

II. *Bewegt sich ein Satellit näherungsweise in einem Kreis und in retrograder Richtung um den Hauptplaneten, so ist die Grenzkurve geschlossen und der Satellit gehört (von Anfang ab) dem System des Planeten zu, wenn a kleiner ist als ein Viertel des Abstandes des Librationspunktes L_1 von Hauptplaneten.*

Die Lage des Librationspunktes L_1 für die grossen Planeten habe ich in den Vorlesungen II S. 102 berechnet.

Man findet beispielsweise für *Saturn* für den Abstand des Librationspunktes L_1 den Werth

0,045 Saturn — Sonnenweiten = 0,430 *a. E.*,

für *Jupiter*

0,067 Jupiter — Sonnenweiten = 0,348 *a. E.*

Für *Phoebe*, die eine retrograde Bewegung hat, ist nach *W. Pickering* $a = 0{,}086$ *a. E*, ein Wert, der kleiner ist als ein Viertel des Abstandes des Librationspunktes L_1, von Saturn. Der Satellit *Phoebe* gehört also ursprünglich dem Saturnsystem.

Der *achte* Jupitrosatellit hat nach *Cowell* und *Crommelin* (Monthl. Not. April 1908) einen mittleren Abstand $a = 0{,}218$ *a. E.*, und würde also keine geschlossene Grenzkurve besitzen, vorausgesetzt, dass man näherungsweise die Bahn als einen Kreis betrachten kann. Dies ist aber wahrscheinlich nicht der Fall, und man muss nähere Auskünfte über diesen intressanten Himmelskörper abwarten, bevor man diese Frage endgültig endscheiden kann. Ist der erhaltene Werth für den mittleren Abstand des Satelliten richtig, spricht doch die Wahrscheinlichkeit dafür, dass man es hier mit einem dem Jupitersystem fremden Körper zu thun hat, wenn nicht ganz besondere Eigenschaften der Satellitenbahn vorhanden sein sollten.

Zusatz. Nachdem das Olige geschrieben wurde, haben die Herrn *Cowell* und *Crommelin* weitere Untersuchungen über diesen Satelliten veröffentlicht (Monthl. Not. Juni 1908). Durch ein eigenthümliches, in diesem Falle sehr angemessenes, Verfahren haben die Verfasser eine Bahn für den Satelliten gerechnet, ohne die Beobachtungen zu einer *Kepler*'schen Ellipse anzupassen. Zwar haben die Verfasser noch nicht die Hypothese einer *direkten* Bewegungsrichtung untersucht, da aber die unter der Annahme einer retrograden Bewegung berechnete Bahn sehr gut mit den Beobachtungen übereinstimmt, so kann man mit den Verfassern schliessen, dass »it would be impossible at the present moment to reject the possibility that the retrograde solution was the right one».

Für die neue Bahn fällt der mittlere Abstand von Jupiter etwas kleiner aus als vorher, indem nämlich die Verfasser nun $a = 0{,}1702$ erhalten. Die Umlaufzeit würde ungefär 2 Jahre und 2 Monate betragen *).

Da die Jovicentrischen Längen, Breiten und Abstände des Satelliten in diesem Aufsatze für 7 verschiedenen Zeitpunkte berechnet werden, lässt sich der Werth von $ds : dt$ leicht berechnen, und somit auch der Werth der *Jacobi*'schen Konstante.

Aus dem betreffenden Aufsatze nehme ich folgende Zahlenwerthe:

*) Steht man vielleicht hier vor einem Librationsfall ($^1/_3$)?

Jovicentrische Länge (λ), *Breite* (β) *und Abstand* (ρ) *des VIII:ten Jupitersatelliten.*

1908	λ	β	ρ	⊙	λ-⊙
Jan. 28	305°,32	— 15°,42	0,1997	308°,52	— 3°,20
Febr. 13	300,95	— 13,31	0,1946	309,77	— 8,82
Febr. 29	296,43	— 10,96	0,1898	311,05	— 14,62

Die zwei letzten Kolumne habe ich aus den angegeben Werthen für die Sonnenkoordinaten berechnet.

Die rechtwinkligen Koordinaten ξ, η, ζ im beweglichen Koordinatensystem habe ich dann aus den Formeln

$$\xi = \rho \cos\beta \cos(\lambda - \odot),$$
$$\eta = \rho \cos\beta \sin(\lambda - \odot),$$
$$\zeta = \rho \sin\beta$$

berechnet. Ich erhalte somit

	ξ	η	ζ
Jan. 28	+ 0,1922	— 0,0107	— 0,0531
Febr. 13	+ 0,1872	— 0,0290	— 0,0448
Febr. 29	+ 0,1799	— 0,0469	— 0,0360.

Hieraus wird für

$$\frac{ds}{dt} = \sqrt{\left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dt}\right)^2}$$

der Werth

$$\frac{ds}{dt} = 0{,}00131 \text{ Erdbahnhalbmesser / mittleren Tag}$$

erhalten.

In *Hill*'schen Einheiten ist somit

$$\frac{ds}{dt} = 1{,}768\ H.\ E.$$

Wird dieser Werth in die Formel

$$C = \frac{2}{\rho} + 3\,\xi^2 - \zeta^2 - \left(\frac{ds}{dt}\right)^2$$

eingesetzt, erhalten wir somit

$$C = 2{,}529.$$

Die *Hill*'sche Grenzkurve ist also *nicht* geschlossen.

Man ist also in Bezug auf Jupiter vorläufig auf zwei Alternativen hingewiesen. Entweder ist der achte Jupitermond ein fremder, von Jupiter eingefangener Körper, in welchem Falle die ursprüngliche Rotationsrichtung Jupiters — so viel man nach dem 6:ten und dem 7:ten Jupitermond beurtheilen kann — eine *direkte* wäre. *Oder* der achte Jupitermond gehört von Anfang an zum Jupitersystem.

Im letzteren Falle können die Erscheinungen im Jupitersystem etwa in folgender Weise aufgefasst werden:

Der Planet Jupiter hat im Anfange eine retrograde Rotation gehabt, in ähnlicher Weise wie Saturn (und wahrscheinlich auch Uranus und Neptun). Zu dieser Zeit wurden sämtliche 8 Jupitersatelliten gebildet, welche dann in retrograder Richtung um den Hauptplaneten kreisten. Der 6:te und 7:te Jupitermond befanden sich dann in einem Abstand von Jupiter *kleiner* als 36,41 Jupiterhalbmesser (in welchem Abstande $s_1 : s_2 = 1$ ist), wogegen der Abstand des achten Mondes grösser als dieser Abstand war. Jupiter hat nun allmählich die Richtung seiner Rotationsachse geändert und zwar sind dann der 6:te und 7:te Jupitersatellit den Bewegungen des Jupitersekvators gefolgt, wogegen der 8:te Mond nur unbedeutend die Lage seiner Bahnebene geändert hat. *Nachdem* die Umkippung der Rotationsachse stattgefunden hat und die Rotationsrichtung Jupiters eine direkte geworden ist, haben der 6:te und der 7:te Jupitersatellit den kritischen Abstand — 36,41 Jupiterhalbmesser — überschritten und allmählich ihre jetztigen Abstände (161,6 und 165,6 Jupiterhalbmesser) erreicht. Diese Vergrösserung der Abstände der Satelliten vom Hauptplaneten ist, wie *Darwin* gezeigt hat, eine einfache Folgerung aus der Fluteinwirkung der Satelliten auf den Planeten, vorausgesetzt, dass Jupiter, zur Zeit, als die »Umkippung» stattfand, sich noch in plastischem Zustande befunden hat.

Etwa in dieser Weise würden die Verhältnisse im Jupitersysteme zu erklären sein, wenn wirklich der neuentdeckte 8:te Jupitermond ursprünglich zum Jupitersystem gehört. Diese Erklärung wäre besonders deswegen intressant, weil man dann im Stande wäre aus der Vergrösserung des Abstandes des siebenten Satelliten vom Hauptplaneten das Alter des Jupitersystems zu berechnen.

10. **Einfluss der Satelliten auf die Præcessionsbewegung des Hauptplaneten.** Das Hauptglied im Ausdrucke für die Præcession eines Planeten ist proportional dem Quadrate des Cosinus des Winkels, welchen der Radius Vector des störenden Körpers (vom Centrum des rotirenden Körpers gezogen) mit der Rotationsachse bildet, vorausgesetzt dass die Aberration der Figurachse gleich Null ist. Wenn der Satellit sich in der Ekvatorsebene des Hauptplaneten bewegt, so ist seine Einwirkung auf die Præcession des Planeten also gleich Null. Man wäre geneigt hieraus den Schluss zu ziehen, dass die grosse Mehrzahl der Satelliten keinen Einfluss auf die Rotation ihrer Hauptplaneten ausüben. Da aber die Abplattung der Planeten (in verschiedenen Fällen) verursacht dass diese Satelliten den Bewegungen des Ekvators Folge leisten, so ist andererseits klar, dass die Satelliten ihrerseits eine Rückwirkung auf die Bewegung des Ekvators ausüben müssen.

In welche Richtung geschieht diese Rückwirkung? Verursachen die Satelliten eine Beschleunigung oder eine Retardation der durch die Sonne hervorgebrachte Præcession des Planetenekvators?

Sieht man von der Einwirkung des abgeplatteten Ekvators auf die Satellitenebenen ab, und nimmt nur die Einwirkung der Sonne im Betracht, so würden

durch die Anziehung der Sonne sowohl der Knoten des Ekvators wir die Knoten der Bahnebenen der Satelliten eine rückläufige Bewegung auf der Planetenebene erhalten. ***Für sämmtliche Satelliten im Planetensystem ist die rückläufige Bewegung der Satellitenebenen grösser als die entsprechende Bewegung des Ekvators des Hauptplaneten.*** Man findt dies direkt auf Tafel I, wenn man bemerkt — wie in § 7 schon bewiesen worden ist — dass $s_1 \cos i$ eben diese rückläufige Bewegung bezeichnet, welche der Knoten der Satellitenbahn erhalten würde, wenn die Sonne allein auf den Satelliten einwirken würde. Die Zeiteinheit in der genannten Tafel ist ein mittlerer Sonnentag. Wird das Juliansche Jahr als Einheit genommen — wie in den Ausdrücken für die Præcession (Meddelande N:o 39) — so müssen diese Zahlen also mit 365,25 multiplicirt werden. Man findet z. B., dass die tägliche Bewegung des Knotens des Erdmondes gleich 199",05 (die strenge Zahl unter Berücksichtigung der Exentricität u. s. w. ist 190",7) ist, wogegen die Præcession des Erdekvators in Folge der Anziehung der Sonne 0",044 beträgt. Die tägliche Bewegung der Marstrabanten in Folge der Anziehung der Sonne würde 0",657 *bez.* 2",599 (mal cos 24^0,87) betragen, wogegen die tägliche Bewegung des Marsekvators nur 0",017 beträgt. Ähnliches findet man für die Satelliten der anderen Planeten.

Man kann übrigens dies direkt aus den Praecessionsformeln ableiten. Es ist nämlich (Meddel. N:o 39)

$$\text{Praecession des Ekvators} = \frac{3}{2}\,\frac{N^2}{\omega}\cos\varepsilon\,\frac{C-A}{A} = p,$$

$$s_1 \cos i = \frac{3}{4}\,\frac{N^2}{n}\cos i,$$

So dass $p < s_1 \cos i$ ist (vorausgesetzt dass $i = \varepsilon$ gesetzt wird), wenn

$$2n\,\frac{C-A}{A} < \omega \tag{48}$$

ist. Im Besonderen ist diese Ungleichkeit erfüllt, wenn $(C-A):A < 1:2$ und $n < \omega$ ist, welche Relationen für alle Satelliten mit Ausnahme von *Phobos* erfüllt sind. Für *Phobos* ist indessen auch die Relation (48) befriedigt.

Da die Sonne mithin die Knoten der Satellitenbahnen schneller bewegt (oder zu bewegen sucht) als den Knoten des Ekvators, andererseits aber in Folge der Abplattung die Satelliten sehr nahe in der Ebene des Ekvators behalten werden (für die meisten Satelliten), so folgt, dass die Anziehung der Satelliten eine *Beschleunigung* in der Praecessionsbewegung des Ekvators hervorrufen muss *). Für solche Satelliten (wie z. B. für den Erdmond), die nicht in der Ekvatorsebene zurückbehalten werden, ist natürlich diese beschleunigende Einwirkung auf die Praecession noch grösser. Für die Erde ist ja sogar die Einwirkung des Mondes auf die Praecession grösser als die Einwirkung der Sonne.

---

*) In meinem Aufsatze »Contributions to the astronomical theory of an ice age» (Meddel. II, N:o 3) habe ich irrthümlicherweise diese Einwirkung als eine Retardation geschätzt.

Der numerische Betrag dieser Beschleunigung lässt sich in folgender Weise berechnen.

Das Potential U des Satelliten auf den Planeten, in so fern die Rotation allein in Betracht kommt, hat den genäherten Ausdruck

$$U = -\frac{3}{2}\frac{\mu}{r^3}(C - A)\cos^2\gamma,$$

wo μ die Masse des Satelliten bezeichnet. Es ist aber

$$\frac{\mu}{r^3} = \frac{\mu}{m+\mu}\,\frac{m+\mu}{r^3} = \frac{\mu}{m+\mu}\,n^2,$$

wo m die Planetenmasse ist. Also ist genähert

$$U = -\frac{\mu}{m}\,\frac{3}{2}\,n^2(C - A)\cos^2\gamma.$$

Hier ist γ der Winkel zwischen dem Radius Vektor des Satelliten und der z-Achse des Planeten. Nach Meddel. N:o 31 hat man

$$\cos\gamma = \cos b\,[\sin\theta_0(\sin u_3\cos u'_3 - \cos u_3\sin u'_3\cos\varepsilon) - \cos\theta_0\sin\varepsilon\sin u'_3]$$
$$+ \sin b\,[\cos\theta_0\cos\varepsilon - \sin\theta_0\sin\varepsilon\cos u_3].$$

Der Winkel θ_0 zwischen der Centralachse und der z-Achse, den ich die *Aberration* der Figurachse genannt habe, ist für sämmtliche Planeten mit Ausnahme der Erde unbekannt, kann aber nicht viel von Null abweichen. Wird $\theta_0 = 0$ gesetzt, erhalten wir

(49) $$\cos\gamma = -\cos b\sin\varepsilon\sin u'_3 + \sin b\cos\varepsilon$$

Für $\theta_0 = 0$ hat man aber (Meddel. N:o 31 (25)).

$$\phi = -u_3$$

und weiter ist

$$\phi = -\Omega_0 - 180^0,$$

so dass

$$u'_3 = -\lambda + \Omega_0 + 180^0$$

ist und also

$$\cos\gamma = -\sin\varepsilon\cos b\sin(\lambda - \Omega_0) + \cos\varepsilon\sin b.$$

Zwischen der Länge in der Bahn L und der Länge des Satelliten in der Planetenebene λ bestehen die Relationen

$$\sin(L - \Omega)\sin i = \sin b,$$
$$\sin(L - \Omega)\cos i = \cos b\sin(\lambda - \Omega),$$
$$\cos(L - \Omega) = \cos b\cos(\lambda - \Omega),$$

durch welche die Breite b des Satelliten aus dem Ausdruck (49) für $\cos\gamma$ eliminirt werden kann. Man erhält dann

$$\cos\gamma = -\sin\varepsilon\cos(\Omega - \Omega_0)\sin(L - \Omega)\cos i$$
$$-\sin\varepsilon\sin(\Omega - \Omega_0)\cos(L - \Omega)$$
$$+\cos\varepsilon\sin(L - \Omega)\sin i$$

in welche Ausdrücke man statt Ω_0 dem Werth $u_3 - 180^0$ einzuführen hat.

Nach Meddel. N:r 31 lauten die Differentialgleichungen

(50)
$$\frac{d\alpha_3}{dt} = \frac{\partial H}{\partial u_3}, \quad \frac{du_3}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \alpha_3},$$

wo

$$H = \frac{\mu}{m} \frac{3}{2} n^2 (C - A) \cos^2 \gamma$$

und $\alpha_3 = - C\omega \cos \varepsilon$ ist.

Wir haben in den vorhergehenden Paragraphen gefunden, dass der Satellit sich in einer Ebene bewegt, die eine nahe konstante Neigung gegen *die intermediäre Ebene* besitzt und deren Knoten sich nahe mit konstanten Geschwindigkeit auf dieser Ebene rückwärts bewegt. Die mittlere Neigung der Satellitenbahn fällt also mit der Neigung der intemediären Ebene zusammen. Der Knoten der intermediären Ebene fällt, wenn ε konstant ist, mit Ω_0 zusammen.

Wir können also bei der Betrachtung der *sekulären* Änderungen des Planetenekvators die Neigung ι gegen die intermediäre Ebene gleich Null setzen. Man hat dann

$$\Omega = \Omega_0$$

und

$$\cos \gamma = \sin (i - \varepsilon) \sin (L - \Omega_0),$$

so dass

$$\cos^2 \gamma = \frac{1}{2} \sin^2 (i - \varepsilon) - \frac{1}{2} \sin^2 (i - \varepsilon) \cos 2 (L - \Omega_0),$$

und der sekulare Theil lautet

$$[\cos^2 \gamma] = \frac{1}{2} \sin^2 (i - \varepsilon)$$

so dass in (50)

(51)
$$\frac{1}{C\omega} H = \frac{3}{4} \frac{\mu}{m} \frac{n^2}{\omega} \frac{C - A}{C} \sin^2 (i - \varepsilon)$$

zu setzen ist. Folglich ist

$$\frac{d\alpha_3}{dt} = 0$$

$$\frac{d\Omega_0}{dt} = \frac{du_3}{dt} = -\frac{\partial \frac{1}{C\omega} H}{\sin \varepsilon \, \partial \varepsilon} = \frac{3}{4} \frac{\mu}{m} \frac{n^2}{\omega} \frac{C - A}{C} \frac{\sin 2 (i - \varepsilon)}{\sin \varepsilon}$$

Was i betrifft, so ist in diesem Falle $i = E_1$ und nach (12) hat man

$$\varepsilon - E_1 = E_2$$

und

$$\sin 2 E_1 = \frac{s_1 \sin 2 \varepsilon}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2 s_1 s_2 \cos 2 \varepsilon}}$$

so dass

$$\frac{d\Omega_0}{dt} = -\frac{3}{2}\frac{\mu}{m}\frac{n^2}{\omega}\frac{C-A}{C}\frac{s_1 \cos \varepsilon}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2 s_1 s_2 \cos 2\varepsilon}}$$

Die Praecession p in Folge der Anziehung der Sonne ist

$$p. = -\frac{3 N^2}{2\omega}\frac{C-A}{C}\cos \varepsilon,$$

so dass

$$\frac{d\Omega_0}{dt} = \frac{\mu}{m}\frac{n^2}{N^2} p \frac{s_1}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2 s_1 s_2 \cos 2\varepsilon}}$$

Ist $s_1 : s_2$ sehr klein, so hat man also

(52) $$\frac{d\Omega_0}{dt} = \frac{\mu}{m}\frac{n^2}{N^2}\frac{s_1}{s_2} p,$$

ein Ausdruck, den wir auch in der Form

(53) $$\frac{d\Omega_0}{dt} = \frac{5}{4}\frac{\mu}{m}\frac{a^2}{a_1^2}\frac{A}{C-A} p$$

schreiben können.

Diese Ausdrücke für die durch die Anziehung eines Satelliten hervorgebrachte Præcession des Planetenekvators sind für solche Satelliten gültig, die der Bewegung des Ekvators folgen (also für die Marssatelliten, die 5 inneren Jupitersatelliten u. s. w.).

Ist dagegen s_1 gross in Verhältniss zu s_2, so erhalten wir

(54) $$\frac{d\Omega_0}{dt} = \frac{\mu}{m}\frac{n^2}{N^2} p,$$

welcher Ausdruck für solche Satelliten gültig sind, die den Bewegungen des Ekvators *nicht* folgen (also für den Erdmond, den 6:ten, 7:ten, 8:ten Jupitermond u. s. w.).

Beispielsweise hat man für den Erdmond

$$\text{Mondpræcession} = 2{,}206\ p_{\odot},$$

Für den Saturnsatellit *Titan* erhält man aus (53), indem nach *H. Struve*

$$\frac{\mu}{m} = \frac{1}{4700}$$

gesetzt wird

$$\text{Saturnpræcession durch Titan} = 1{,}2\ p_{\odot}.$$

Die Formel (53) zeigt, dass für diese Satellitengruppe — ich nenne sie kurz Gruppe A — *die Præcession in Folge der Anziehung eines Satelliten proportional der zweiten Potenz des Abstands des Satelliten vom Hauptplaneten wächst.* Dieser scheinbar paradoxale Satz findet dadurch ihre Erklärung, dass nach (12) und (4) für diese Gruppe der Winkel E_2 zwischen der Satellitenebene (strenger der intermediären Ebene) und dem Planetenekvator proportional der fünften Potenz von a wächst.

Für die Satelliten der Gruppe B (welche der Bewegung des Ekvators des Hauptplaneten *nicht* folgen) *ist dagegen die Præcession in Folge der Ansiehung der Satelliten umgekehrt proportional der dritten Potenz des mittleren Abstånds des Satelliten von seinem Hauptplaneten.* Dies geht unmittelbar aus der Formel (54) hervor (man hat $n^2 : N^2 = mA^3 : Ma^3$).

Für beide Gruppen ist natürlich die Præcession proportional der Masse des Satelliten.



LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 4. Nr 5.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 5.

UNTERSUCHUNGEN

VON

ELEKTRISCHEN SCHWINGUNGEN DRITTER ART IN EINEM LICHTBOGEN

VON

MANNE SIEGBAHN



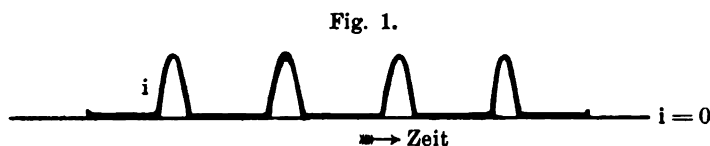
LUND 1909
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Verbindet man die beiden Polen eines Gleichstromlichtbogens mit einem Schwingungskreise aus Kapazität und Selbstinduktion, so entstehen elektrische Schwingungen, welche sich folgendermassen gruppieren lassen [1]:

1. Art: Der Gleichstrom im Lichtbogen wird von einem sinusförmigen Wechselstrom überlagert.

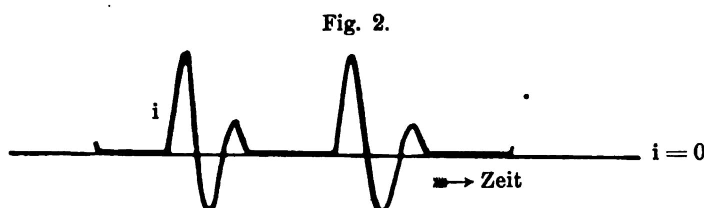
2. Art: Die Amplituden des Wechselstromes werden so gross, dass der Lichtbogen jedesmal erlischt wenn die Stromamplitude sich dem Minimum nähert. Graphisch ist der Stromverlauf im Fig. 1. gezeichnet.

Fig. 1.



3. Art: Die Amplituden des Wechselstromes werden noch grösser, so dass ein Wiederentzünden in der entgegengesetzten Richtung möglich ist. Der Stromverlauf ist dann wie in Fig. 2.

Fig. 2.



Schon aus der gegebenen Entwicklung geht deutlich hervor, dass die Verwandtschaft zwischen den Schwingungen 2. und 3. Art viel grösser ist, als zwischen denen 1. Art und einer der beiden anderen. Schwingungen 3. Art können sehr leicht in solche 2. Art übergehen nur dadurch, dass die Wiederentzündung des Lichtbogens in entgegengesetzter Richtung verhindert wird, z. B. durch Kühlung der Anode. Wie man mit dem Oscillographen beobachten kann, wechseln that-

---

[1]) BARCKHAUSEN: Problem der Schwingungserzeugung. BLONDEL: L'Eclairage électrique 44, 1905.

sächlich diese Schwingungen sehr oft mit einander ab. In einer Arbeit von H. Th. Simon [1]) ist ein derartiges Oscillogramm reproduziert.

Ein solcher, aber nur scheinbarer, Uebergang von der 2. zur 1. Art kann durch ein Immernäheraneinanderrücken der Schwingungsbauchen 2. Art erhalten werden. Der so erhaltene sinusförmige Strom ist mit dem der 1. Art nur formal identisch. Es steht jedoch fest, dass diese Strombauchen die ersten Halbschwingungen einer gedämpften Sinusschwingung sind. Bei den Schwingungen 1. Art ist immer angenommen worden, dass der Lichtbogen Energie abgebe und so die Sinusform aufrecht halte; da dies bei den Schwingungen 3. und also auch 2. Art (die, wie erwähnt, nur ein Spezialfall der 3. ist) nicht der Fall ist, können diese Grenzformen 1. und 2. Art nicht identisch sein.

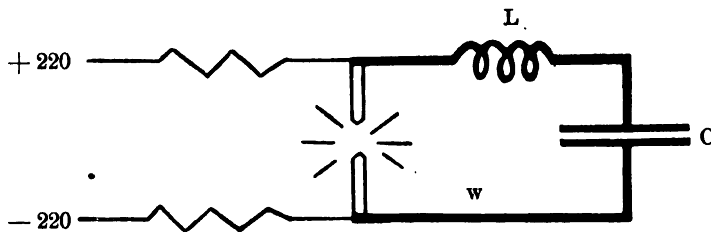
Es scheint mir daher zweckmässiger, diese Schwingungen in zwei Gruppen zu teilen: *freie* und *erzwungene* Schwingungen. Diejenige der letzteren Gruppe entsprechen Schwingungen 1. Art; in diesem Falle ist eine Rückwirkung des Gleichstroms auf die Schwingungen zu beobachten. Bei freien Schwingungen, umfassend die 2. und die 3. Art ist ein derartiger Einfluss nicht zu bemerken.

Benischke behauptet [2]), dass die Poulsensche Schwingungen, welche umzweifelhaft mit denen der 2. Art identisch sind, erzwungene Schwingungen seien. In seiner Erklärung legt B. dem von Poulsen benutzten Magnetfeld eine wesentliche Bedeutung bei. Der aufsteigende Zweig der Stromstärke ist nach B. nur eine gewöhnliche, aperiodische Stromsteigerung, welche fortschreitet, bis der Elektromagnet hinreichend kräftig geworden ist, um seinen Einfluss geltend zu machen; dann erlischt der Lichtbogen und der Strom sinkt aperiodisch auf Null. Da jedoch das Magnetfeld für das Hervorbringen des Phänomens keine *wesentliche* Rolle spielt, ist die Auseinandersetzung umbegründet und B's Behauptung, dass die Schwingungen erzwungene seien, als unbewiesen anzusehen.

Freie Schwingungen im Lichtbogen.

Schwingungen 2. und 3. Art lassen sich mathematisch folgendermassen, als eine gewöhnliche periodische Entladung des Kondensators, formulieren:

Fig. 3.



Angenommen L, C und w seien Selbstinduktion, Kapazitäten und Ohmscher Widerstand des Schwingungskreises, dann ergeben die Bedingungen folgende Differentialgleichung

[1]) H. Th. Simoe: Jahrb. d. drahtl. Telegraphie Bd 1, H. 1.

[2]) Benischke: Die wissenschaftliche Grundlagen der Elektrotechnik.

$$E = iw + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int idt,$$

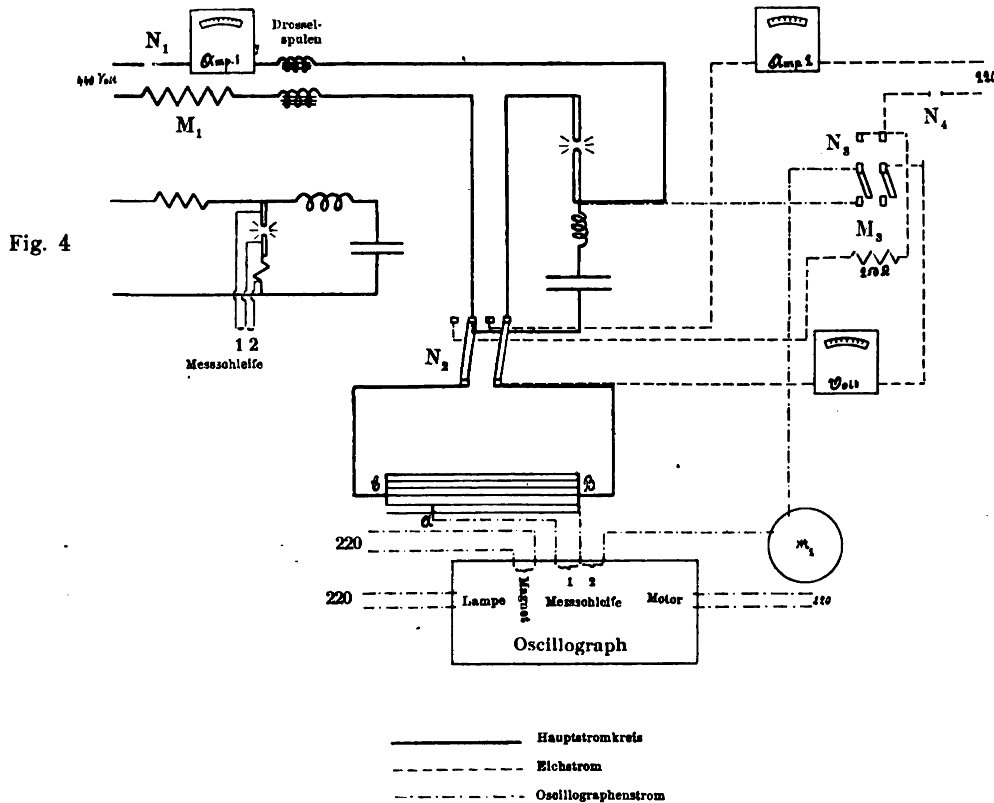
welche dem Integral

$$i = \frac{2E \, . \, C}{\sqrt{4LC - w^2C^2}} e^{-\frac{w}{2L}t} \sin \frac{4LC - w^2C^2}{2LC} t$$

entspricht:

Diese Gleichung stellt eine gedämpfte Sinusschwingung dar, ist also für die Schwingungen 2. und 3. Art geltend, d. h. für freie Schwingungen. Um Schwingungen 1. Art darzustellen, ist es notwendig, mit $e^{-\frac{w}{2L}}$ zu multiplizieren, was einer elektromotorischen Kraft im Lichtbogen entspricht, die genau den Energieverlust durch Joulesche Wärme kompensiert.

Fig. 5



Obgleich es also zwischen Schwingungen 2. und 3. Art keinen wesentlichen Unterschied giebt, ist die Untersuchungsmethode mit Braun'scher Röhre nur auf die Schwingungen 2. Art verwendbar. Dies ist dadurch erklärbar, dass die letzteren sich ganz analog wiederholen, was bei Schwingungen 3. Art nicht der Fall ist. Dagegen ist die Oscillographmethode bei beiden Arten verwendbar, vorausgesetzt dass die Schwingungen nicht zu schnell sind.

Untersuchungsmethode.

Bei den hier vorliegenden Untersuchungen über freie Schwingungen (3. Art) im Lichtbogen wurde zum Aufzeichnen von Strom und Spannung ein Duddel'scher Oscillograph von Siemens & Halske in Berlin verwandt. Bei den in Frage kommenden Frequenzen (300 bis 600 ganze Schwingungen pro Sek.) kommen die Eigenschwingungen der Messschleifen nicht in Betracht. Zum photographischen Registrieren wurde Schauffelen's hochempfindliches Negativ-Papier N:r 1080 benutzt.

Nach den so gefundenen Strom- und Spannungskurven sind später die Charakteristiken gezeichnet und mit denen der Wechselstromlichtbogen vergliechen worden.

Das Schaltungsschema zeigen die Fig. 4 und 5.

Da die Stromstärke im Schwingungskreis bis 12 Amp. steigen konnte, war es notwendig, in grossen Zwischenräumen den Widerstrand *CAB*, von welchem der Strom nach Messschleife 2 abzweigte, zu verändern, ohne zuviel Widerstand in den Schwingungskreis einzuführen. Dieser Widerstand bestand daher aus mehreren parallel laufenden Drähten, von welchen einer oder mehrere ausgeschaltet werden konnten. Den für die Messschleife bestimmten Strom zweigte man von einem der Drähte ab. Die Messschleife 1 wurde durch Vorschaltung eines grossen Widerstandes zum Spannungsmesser eingerichtet. Es erwies sich, dass bei zu grosser Verminderung dieses Widerstandes in der Absicht grösseren Ausschlag zu bekommen die dämpfende Wirkung so gross wurde, dass die Schwingungen aufhörten.

Der Strom im Schwingungskreis konnte durch die Stromschlüssel N_2 und N_3 gegen einen stationären Eichstrom vertauscht werden.

Die Oscillogramme.

Trotz mehrerer sorgfältiger Justierungen der optischen Systeme zeigten die Nullpunkte dennoch Geneigtheit, sich während der Benutzung des Apparates gegeneinander zu verschieben. Um nicht bei jedem Versuche diese Justierung bewerkstelligen zu brauchen, habe ich vorgezogen, auf jedem Oscillogram, unmittelbar nachdem Strom und Spannung aufgenommen waren, die Nullpunkte der Spannung zu registrieren. Die Stromnulllinie war schon im Schwingungsoscillogramme abzulesen. Um diese Nulllinie nicht nochmals mit der Nulllinie der Spannung registrieren zu müssen, was sehr oft die letztere unscharf gemacht hätte (wie z. B. im Pl. 17 b, wo die Stromnulllinie zweimal registriert ist; siehe dagegen Pl. 18) habe ich den *Eichstrom* in die *Strom*schleife hineingelassen. Nachdem die beiden Nulllinien registriert waren, wurde der Eichstrom aufgenommen.

Ein typisches Oscillogramm zeigt Pl. 18. Hier ist die Registrierung in 3 Abteilungen vorgenommen

A. Stromstärke und Spannung der Schwingungen

B. Nulllinie der Spannung, und Stromstärke des Eichstroms (2 Amp.)

C. Stromstärke und Spannung des Eichstroms (2 Amp. 225 Volt).

Die Stromstärke des Eichstroms ist also zweimal aufgenommen, was auch aus der Lichtstärke ersichtlich ist. Von einer Verschiebung während der beiden Aufnahmen ist nichts zu sehen.

Jedes Oscillogram ist folgendermassen annotiert worden:

Pl. 18.

Dochtkohle 5 mm.
Zündung: mit Teslaapparat
Spannung: 440 Volt.

$M_1 = 2440\ \Omega$
$L = 0{,}008$ H
$C = 9.$ M. F.
$M_2 = 4000\ \Omega$

Eichstrom: 2 Amp.
225 Volt.

Was die Zündung mit Teslaapparat betrifft, so war diese, wie zu erwarten, nicht zweckmässig. Es kommt darauf an, dass die hochfrequente Funkenstrecke, deren beide Elektroden neben den Kohlelektroden gestellt wurden, einen Durchschlag der Lichtbogenstrecke bewirkte, ehe die Kondensatorspannung hinreichend gross war, um mehrere Schwingungen vor dem Erlöschen ausführen zu können. Daneben ist es auch möglich, dass die hochfrequente Funkenstrecke durch Ionisation die Verhältnisse im Lichtbogen kompliziert.

Die Zündung wurde deshalb im allgemein folgendermassen bewerkstelligt. Man stellte die Kohlelektroden in solchem Abstande von einander ein, dass der Lichtbogen bei der Exposition der Oscillogramme durch ein schwaches Schütteln des Apparates entzündet werden konnte. Hierdurch war es möglich, die Lichtbogenlänge bei einer Serie beizubehalten. Ferner waren die Elektroden bei der Aufnahme nicht vorher erhitzt worden, was auch von grosser Bedeutung ist. Wie Oscillogram 17 b zeigt, sind die Schwingungen sehr verschieden, wenn der Lichtbogen eine längere Zeit gebrannt hat. Die erste Wirkung ist alsdann natürlich die, dass die Zündspannung wesentlich sinkt, was wiederum die Amplituden vermindert und dadurch auch die Anzahl der Schwingungen.

Die dritte der bei gefügten Platten (N:r 8) ist eine Aufnahme des Strom- und Spannungsverlaufes, wenn die Elektroden in Berührung gebracht wurden. Sie ist »auf Zeit» genommen, d. h., der Schirm vor der photographischen Trommel wurde entfernt; alsdann erst brachte man die Elektroden zum gegenseitigen Berühren, worauf der Schirm wieder vorgezogen wurde. Auf dieser Art sind Strom- und

Spannung eine Zeitlang vor und nach der Entladung der Kondensatoren registriert worden, wodurch die Dunkelkeit der Platte entstand. Wie ersichtlich, ist die Dämpfung hierbei viel geringer als gewöhnlichenfalls. Es sind hier 9 deutliche Schwingungen zu sehen, während auf anderen Platten nur 3 bis 5 zur Entwicklung kommen.

Ich habe die Dämpfung nach mehreren Methoden zu vermindern versucht: durch Anwendung verschiedener Kohlensorten und durch Verminderung des Ohm'schen Widerstands im Schwingungskreis. Die wesentliche Ursache der Dämpfung scheint jedoch im Lichtbogen zu liegen; für diesen Umstand spricht auch die Platte 8.

Auch die Einschaltung der Spannungsmessschleife führt einen bedeutenden Energieverbrauch mit sich. Etwa 2 Halbschwingungen gehen dadurch verloren.

Mit Dochtkohlen von 12 mm habe ich die besten Resultate bekommen und diese sind deshalb bei der endgültigen Serie angewandt worden. Die Selbstinduktionsspulen waren aus 2 mm dickem Kupferdraht.

Veränderung des Widerstandes m.

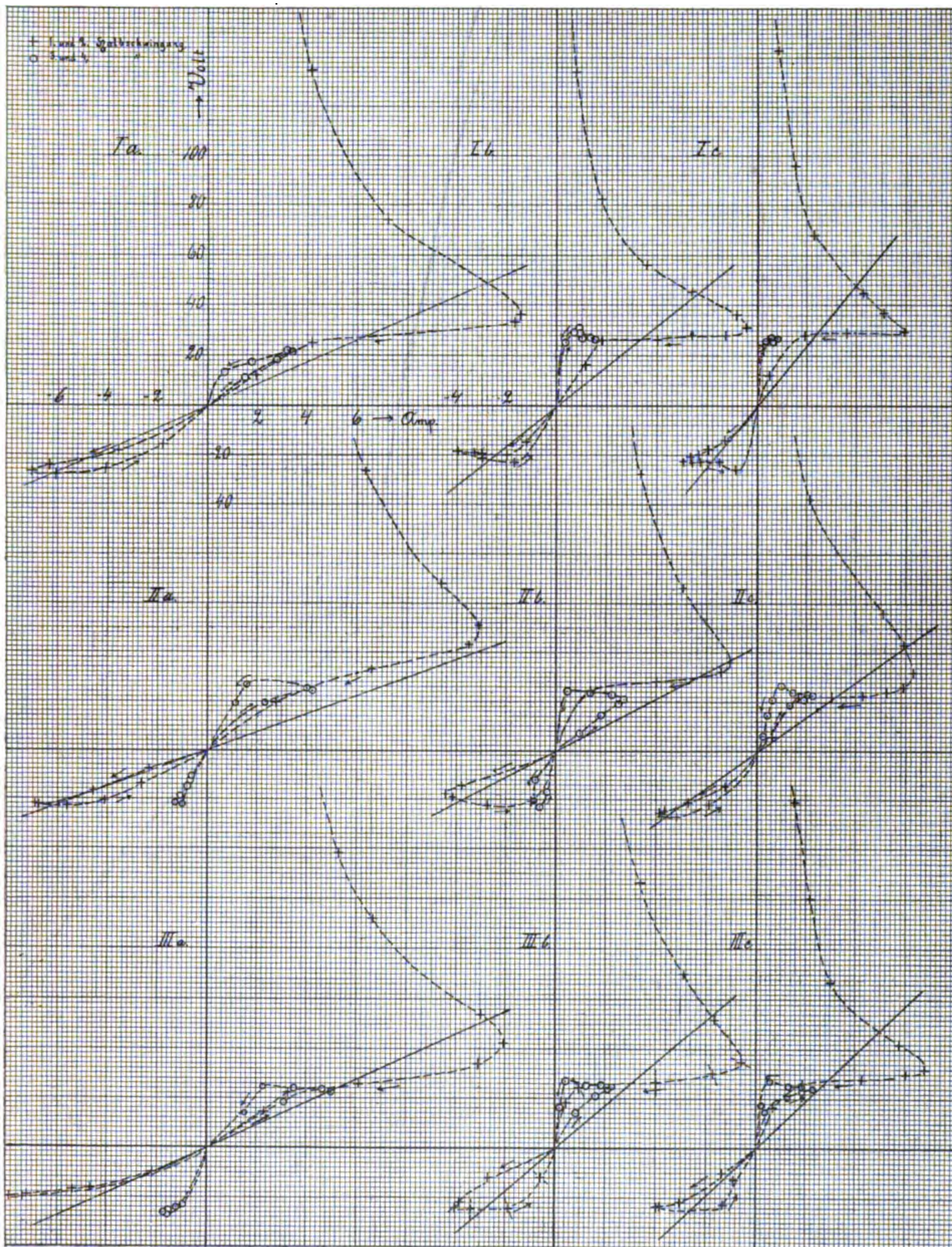
Wie aus den Oscillogrammen ersichtlich ist, hat die Veränderung des Vorschaltwiderstandes keinen direkten Einfluss auf die Schwingungen. Sie bewirkt nur, wie auch zu erwarten ist, eine Veränderung der aperiodischen Ladungszeit der Kondensatoren. Durch Verminderung des Widerstandes beginnt eine Tendenz Schwingungen 2. Art zu entwickeln, was sich daraus erklären lässt, dass die Schwingungen näher aneinander rücken und somit ein Durchschlagen des Lichtbogens erleichtern. Die Kondensatoren werden dabei nicht hinreichend geladen um mehrere Schwingungen ausführen zu können.

Kapazität und Selbstinduktion im Schwingungskreis.

Vom grössten Einfluss bei diesen Schwingungen sind neben dem eigentlichen Lichtbogen Kapazität und Selbstinduktion im Schwingungskreis. Um die Bedeutung dieser Faktoren zu studieren habe ich eine Serie Oscillogramme aufgenommen, die aus 9 Platten mit nachstehenden Nummern, Bezeichnungen, Kapazitäten und Selbstinduktionen bestehen:

	a.	*b.*	*c.*
I	Pl. 20 $L = 0{,}004$ H $C = 35$ M.F	Pl. 19 $L = 0{,}008$ H $C = 35$ M.F	Pl. 21 $L = 0{,}012$ H $C = 35$ M.F
II	Pl. 24 $L = 0{,}004$ H $C = 25$ M.F	Pl. 23 $L = 0{,}008$ H $C = 25$ M.F	Pl. 22 $L = 0{,}012$ H $C = 25$ M.F
III	Pl. 27 $L = 0{,}004$ H $C = 15$ M.F	Pl. 26 $L = 0{,}008$ H $C = 15$ M.F	Pl. 25 $L = 0{,}012$ H $C = 15$ M.F

Die Charakteristiken der Schwingungen.



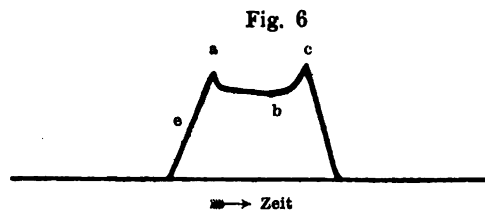
Håkan Ohlssons boktr., Lund.

Die übrigen Bedingungen sind für alle diese Platten diegleichen:

Dochtkohle 12 mm.
Zündung: durch Schüttelung
Lichtbogenlänge: c:a 0,1 mm.
$M_1 = 2200\ \Omega$
$M_2 = 4000\ \Omega$
Der Eichstrom war bei
I 3 Amp,
220 Volt.
II u. III 2 Amp.
225 Volt.

Die Ausmessung der Platten geschah mit einem Stellarphotogrammeter. Bei diesem Apparat war es möglich, eine kleine Phasenverschiebung zwischen Spannung- und Stromkurve Rechnung zu tragen. Die Messungen sind so ausgeführt worden, dass das in zwei, gegen einander senkrechten Richtungen verschiebbare Fadenkreuz bei Verschiebung in der einen Richtung mit der Nulllinie parallel lief: in der andern die Ordinaten der Kurven angab. Im allgemein habe ich Strom und Spannung jedes halbes Millimeter abgelesen; jedoch immer die singulären Punkte ausgemessen. Wenn z. B. die Spannungskurve nachstehendes Aussehen (vom Wechselstromlicht-bogen bekannt) hat,

Fig. 6



sind besonderes die Punkte *a*, *b*, *c* ausgemessen.

Aus den so erhaltenen, zusammengehörigen Werten von Strom und Spannung, in Amp. bezw. Volt mittels Eichstroms reduziert, habe ich auf nachfolgender Planche die Charakteristiken zusammengestellt.

Beim Transformieren der abgelesenen Werte in Amp. und Volt habe ich wie gebräuchlich den Ausschlag proportional der Stromstärke angenommen. Die Zifferrechnungen wurden mit Machine ausgeführt.

Die Tabellen enthalten:

1. Kolumne: Ablesung der Nulllinie (Abscisse)
2. » Die Ordinate der Spannung (e)
3. » Spannung in Volt, aus der Formel $(e - e_0)\dfrac{220}{e_{220}}$ erhalten
4. » Die Ordinate der Stromstärke (s)
5. » Stromstärke in Amp., aus der Formel $(s - s_0)\dfrac{3}{s_3}$ erhalten.

Die verschiedenen Schwingungen sind durch Linien getrennt. Die letzte Ablesung in der ersten Kolumne entspricht dem Endpunkt der Schwingung

I a [Pl. 20].

$s_0 = 137{,}17$ $s_2 = 126{,}89 - s_0 = 10{,}28$
$e_0 = 136{,}02$ $e_{220} = 91{,}01 - e_0 = 45{,}01$

97,78	87,98	235	137,17	0
98,59	98,24	185	141,68	1,3
99,27	108,58	134	151,46	4,2
100,05	120,98	74	162,81	7,3
102,58	128,05	39	180,57	12,7
102,97	128,61	36	179,61	12,4
104,72	129,82	30	167,51	8,9
105,79	130,83	25	151,62	4,2
106,58	133,29	13	144,11	2,0
108,52	139,80	18	124,68	3,6
110,16	140,94	24	115,64	6,3
111,20	141,89	26	113,61	6,9
112,25	141,77	28	116,27	6,1
113,52	141,21	25	123,06	4,1
114,58	139,55	17	130,47	1,96
116,40	133,83	11	142,44	1,54
117,41	132,84	18	146,84	2,68
118,40	131,54	22,0	148,84	3,26
119,12	131,47	22,2	149,12	3,49
119,85	131,68	21	148,90	3,43
122,17	132,54	17	143,35	1,80
123,47	133,76	13	139,86	0,64
124,19				

I b [Pl. 19].

$s_0 = 148{,}52$ $s_2 = 137{,}98 - s_0 = 10{,}54$
$e_0 = 147{,}16$ $e_{220} = 102{,}09 - e_0 = 45{,}07$

212,05	105,53	203,6	148,52	0
212,67	112,88	167,6	149,85	0,38
213,32	119,85	133,5	151,38	0,82
214,06	130,34	82,2	154,85	1,80
215,15	135,40	57,5	161,27	3,63
216,26	137,98	44,9	167,58	5,43
218,84	139,90	35,5	173,89	7,23
219,35	140,86	30,8	175,41	7,66
221,12	141,85	28,4	171,99	6,67
222,07	141,40	28,2	167,65	5,45
223,12	141,69	26,7	162,65	4,08
224,51	141,86	25,9	154,78	1,78
224,94	144,07	15,1	152,76	1,21
226,70	150,24	15,1	144,46	1,16
227,54	151,32	20,3	141,34	2,06
228,62	151,20	19,8	138,21	2,96
229,80	151,04	19,0	136,85	3,38
231,37	150,98	18,7	134,52	3,99
233,89	151,47	21,1	137,75	3,07
235,63	151,86	23,0	142,70	1,66
238,00	143,07	20,0	148,74	0,06
238,73	142,04	25,0	149,88	0,37
239,66	141,19	29,2	150,98	0,70
240,48	141,25	28,9	151,74	0,92
242,41	141,60	27,2	153,40	1,39
243,55	141,75	26,5	153,90	1,58
244,88	141,82	26,1	153,25	1,35
246,84	141,67	26,8	152,06	1,01
248,48	140,95	30,4	150,25	0,49
249,68	142,69	21,9	148,83	0,09
251,20				

I c [Pl. 21].

$s_0 = 141{,}02$ $s_2 = 151{,}56 - s_0 = 10{,}54$
$e_0 = 139{,}50$ $e_{220} = 184{,}57 - e_0 = 45{,}07$

191,91	99,16	197,13	141,02	0
192,46	105,14	168,0	143,18	0,62
192,75	110,14	143,6	144,15	0,89
193,26	119,92	95,7	146,63	1,60
193,78	125,60	68,0	150,22	2,62
194,68	130,28	45,3	155,90	4,24
195,31	131,98	36,8	159,11	5,16
196,79	133,42	29,8	162,02	5,99
199,79	133,52	29,2	153,60	3,59
200,95	133,76	28,1	147,55	1,86
201,95	137,04	12,0	142,60	0,45
203,36	142,39	14,1	136,28	1,85
204,09	143,22	18,2	134,11	1,47
204,77	143,70	20,5	132,79	2,85
205,29	143,88	21,2	131,72	2,65
206,20	144,18	22,9	130,71	2,94
207,42	144,26	23,3	131,92	2,60
208,82	144,36	23,3	133,01	2,28
209,14	144,26	23,8	135,57	1,55
209,98	144,88	26,1	138,02	0,86
212,13	135,13	21,4	141,58	0,15
213,16	134,17	26,1	142,89	0,39
214,55	134,17	26,1	143,46	0,70
214,81	134,06	26,6	143,86	0,82
218,91	134,06	26,6	142,91	0,54
221,31	134,82	22,9	141,10	0,02
222,86				

II a [Pl. 24].

$s_0 = 144,62$ $s_2 = 134,00 - s_0 = 10,62$
$e_0 = 142,88$ $e_{225} = 97,00 - e_0 = 45,88$

87,50	85,88	279,3	144,62	0
87,80	92,82	245,3	145,75	0,21
88,05	101,27	203,9	149,68	0,95
88,38	110,15	160,4	161,42	3,16
88,69	119,69	113,6	178,28	6,38
89,39	129,05	67,8	194,42	9,36
89,99	132,41	51,3	202,18	10,82
90,25	134,08	43,1	200,45	10,50
91,18	136,04	33,5	179,60	6,58
91,91	138,95	19,3	159,44	2,79
92,79	144,45	7,7	132,06	2,36
93,44	146,87	17,1	120,34	4,56
94,14	147,45	22,4	108,47	6,80
94,87	147,56	22,9	108,86	6,72
94,87	147,55	22,9	114,87	5,59
95,26	147,11	20,7	122,68	4,12
95,57	145,69	13,8	130,71	2,62
97,02	138,81	19,9	157,85	2,39
97,95	137,94	24,2	167,14	4,23
98,21	137,72	25,3	166,85	4,09
99,55	137,44	26,7	153,08	1,58
99,81	139,00	19,0	150,57	1,12
100,88	145,45	12,6	141,12	0,66
101,41	146,72	18,8	138,80	1,09
102,21	147,27	21,5	137,68	1,30
103,01	147,40	22,1	138,98	1,06
103,27	146,00	15,8	139,88	0,89
103,46	145,08	10,8	140,45	0,78
104,28				

II b [Pl. 23].

$s_0 = 153,95$ $s_2 = 142,71 - s_0 = 11,24$
$e_0 = 151,82$ $e_{225} = 105,76 - e_0 = 46,06$

151,38	99,95	253,1	153,95	0
151,87	109,46	206,4	158,00	0,72
1 2,39	117,70	166,5	165,91	2,14
152,85	128,77	112,5	172,80	3,37
153,51	138,22	66,4	182,29	5,07
154,96	144,44	36,0	192,85	6,96
155,55	145,83	31,7	190,08	6,57
156,74	146,01	28,4	176,32	4,00
157,79	146,67	25,1	161,84	1,41
159,82	154,76	14,8	132,89	3,77
160,98	155,62	18,5	129,25	4,42
161,53	155,82	19,5	130,18	4,25
162,58	156,46	22,6	138,79	2,71
163,57	156,19	21,8	148,67	0,95
163,86	153,99	10,6	152,85	0,20
164,76	150,48	6,8	159,60	1,01
165,83	148,89	14,8	164,18	1,82
166,88	147,74	19,9	168,15	2,54
166,66	147,40	21,6	169,00	2,69
167,66	147,09	23,1	166,44	2,24
168,66	146,95	23,8	161,76	1,40
169,51	146,82	24,4	156,56	0,47
171,69	154,42	12,7	149,20	0,85
172,69	155,96	20,2	149,02	0,88
173,69	156,64	23,5	150,48	0,62
174,69	155,20	16,5	151,75	0,39
175,22				

II c [Pl. 22].

$s_0 = 148,44$ $s_2 = 137,55 - s_0 = 10,89$
$e_0 = 146,37$ $e_{225} = 100,20 - e_0 = 46,17$

142,22	91,22	268,6	148,44	0
142,59	96,20	244,8	149,42	0,18
142,88	104,18	205,5	151,30	0,53
143,18	116,59	145,0	156,94	1,56
143,58	125,89	102,2	160,07	2,14
144,74	134,76	56,5	176,15	5,10
145,31	137,55	43,0	180,91	5,97
146,08	139,75	32,2	182,76	6,31
146,93	141,00	26,2	180,66	5,98
147,00	141,39	24,8	177,06	5,26
148,25	141,57	23,4	171,65	4,27
148,92	141,60	23,2	164,94	3,04
149,55	141,60	23,2	158,09	1,78
150,14	145,22	5,6	152,56	0,76
151,34	149,48	15,1	141,20	1,83
152,04	150,66	20,9	133,40	2,77
153,04	151,41	24,5	128,49	3,67
153,90	151,58	26,4	127,57	3,84
154,84	151,84	26,6	128,08	3,76
155,84	151,89	26,9	131,09	3,20
156,34	150,89	22,0	138,09	1,90
158,94	142,30	19,8	155,51	1,30
159,94	141,95	21,5	159,18	1,97
160,94	141,68	22,9	160,57	2,28
161,94	141,64	23,0	159,57	2,05
162,94	141,45	24,0	156,66	1,51
163,74	140,82	27,0	153,69	0,97
164,17	142,19	20,4	151,82	0,62
164,40	143,40	14,5	150,85	0,44
164,71	145,10	6,2	149,50	0,20
165,24				

III a [Pl. 27].

$s_0 = 154{,}88$ $e_0 = 153{,}39$ $s_2 = 144{,}54 - s_0 = 10{,}34$ $e_{225} = 107{,}09 - e_0 = 46{,}30$

154,08	96,99	274,1	164,88	0
155,08	129,08	118,1	182,26	5,28
155,90	134,40	92,3	189,24	6,68
155,86	142,87	53,6	211,90	11,00
156,37	144,66	42,4	216,80	11,96
157,08	146,56	33,2	211,68	10,96
158,17	148,01	26,1	186,73	6,15
158,78	148,71	22,7	171,71	3,25
158,92	150,48	14,4	167,04	2,35
159,82	155,44	10,0	143,41	2,81
160,49	156,73	16,2	130,10	4,78
161,42	157,80	19,0	117,16	7,28
161,88	157,49	19,9	114,11	7,87
162,84	157,58	20,4	116,82	7,85
163,01	156,88	16,7	126,80	5,42
164,71	149,58	18,8	171,08	3,18
165,78	148,79	22,4	181,90	5,21
166,52	148,60	23,8	179,16	4,69
167,21	148,43	24,1	173,80	3,56
167,78	148,32	24,6	166,50	2,24
168,09	150,40	14,5	163,42	1,65
169,68	158,09	22,8	150,06	0,98
170,52	158,96	26,9	146,71	1,58
170,96	158,87	26,6	145,98	1,72
171,82	158,88	26,4	146,68	1,56
171,96	158,48	24,5	148,67	1,20
173,81				

III b [Pl. 26].

$s_0 = 134{,}48$ $e_0 = 133{,}21$ $s_2 = 124{,}64 - s_0 = 9{,}84$ $e_{225} = 87{,}65 - e_0 = 45{,}66$

142,95	86,53	230,1	134,48	0
143,46	94,50	190,8	141,14	1,35
143,72	102,45	151,6	143,53	1,84
144,14	111,54	106,8	151,07	3,37
144,66	119,05	69,8	159,60	5,10
145,16	122,59	52,4	165,40	6,28
146,26	126,12	35,0	171,11	7,44
147,26	127,11	30,1	165,67	6,33
148,26	127,62	27,6	154,80	4,12
149,26	128,16	24,9	139,20	0,96
149,54	129,39	18,8	136,79	0,47
150,89	135,89	13,2	121,11	2,71
151,89	137,78	22,3	115,14	3,98
152,47	138,06	23,9	114,83	4,09
153,47	138,32	25,2	117,38	3,87
154,47	138,15	24,4	125,30	1,86
155,47	135,66	12,1	133,15	0,27
156,86	130,21	14,6	138,69	0,85
157,86	128,88	21,8	143,01	1,78
158,86	128,87	23,9	145,17	2,17
158,58	128,24	24,5	145,70	2,38
159,52	128,16	24,9	143,68	1,87
160,52	128,11	25,1	140,57	1,24
161,46	127,80	26,7	136,62	0,48
161,98	129,84	16,6	135,41	0,19
162,83				

III c [Pl. 25].

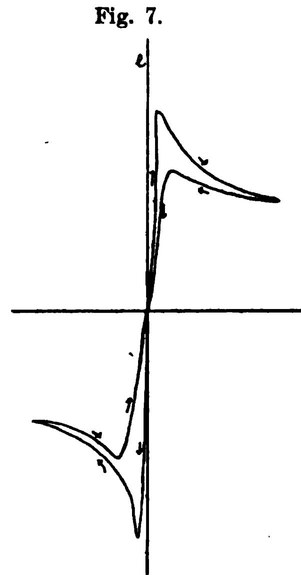
$s_0 = 150{,}68$ $e_0 = 148{,}87$ $s_2 = 140{,}39 - s_0 = 10{,}29$ $e_{225} = 103{,}50 - e_0 = 45{,}07$

122,54	95,71	263,7	150,68	0
123,05	107,24	206,5	153,19	0,49
123,26	113,51	175,4	155,17	0,99
123,50	120,81	139,2	158,69	1,55
123,72	128,64	100,3	162,29	2,25
123,96	134,90	69,3	165,98	2,97
125,08	140,89	42,1	180,54	5,79
126,26	142,81	32,5	185,75	6,80
127,25	142,72	30,5	181,66	6,05
128,25	143,15	28,4	172,70	4,27
129,31	143,49	26,7	160,41	1,89
129,77	145,57	16,4	154,61	0,76
130,87	150,99	10,5	143,57	1,88
131,87	153,82	22,1	135,05	3,08
132,87	153,48	22,9	130,96	3,83
133,81	153,46	22,9	130,27	3,96
135,79	153,48	22,9	143,78	1,34
136,14	151,87	12,4	145,91	0,98
137,17	145,91	14,7	152,23	0,80
138,17	144,70	20,7	157,69	1,36
139,17	144,10	23,7	106,78	1,96
140,17	143,98	24,3	162,40	2,27
141,17	143,91	24,6	160,11	1,88
142,17	143,70	25,6	157,24	1,97
143,07	143,23	27,7	153,77	0,60
143,48	145,44	17,0	151,89	0,23
144,72				

Die Charakteristiken.

Auf beigefügter Planche sind die Charakteristiken der 9 Platten mit Hilfe der Tabellen gezeichnet. Es liegt nahe dieselben mit denen des Wechselstromlichtbogens und der hochfrequenten Schwingungen zu vergleichen. Der Typhus einer Charakteristik des Wechselstromlichtbogens ist in Fig. 7 reproduziert (Aus SIMON Jahrb. d. drahtl. Telegraphie Bd. 1 Ht 1). Man sieht sofort, dass die gefundenen Charakteristiken mit dieser übereinstimmen. Es existiert jedoch zwischen diesen beiden Arten eine eigentümliche Verschiedenheit: während beim Wechselstromlichtbogen und auch bei hochfrequenten Schwingungen der aufsteigende Zweig am höchsten liegt, ist es bei den für unsere Schwingungen gefundenen Charakteristiken ausnahmlos umgekehrt. Der heruntersteigende Zweig liegt hier viel höher als der aufsteigende und dem letzteren fehlt sogar oft ein ausgeprägtes Maximum. Es lässt sich hier die Hypothese aufstellen, dass der Lichtbogen bei Wiederentzündung in entgegengesetzter Richtung, bei diesen relativ schnellen Schwingungen einen Teil seines Leitvermögens beibehält, wodurch das erste Spannungsmaximum herunterdrückt wird.

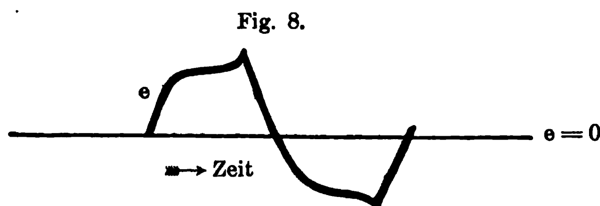
Fig. 7.



In Uebereinstimmung mit dem, was Roschansky [1]) für die Charakteristiken der hochfrequenten Schwingungen gefunden hat, zeigt sich auch hier, dass die Charakteristiken mit abnehmender Schwingungszahl sich der e-Achse nähern. Es scheint also ganz zweifellos, das die hier untersuchten Schwingungen, die ich freie Schwingungen genannt habe, mit den wohlbekannten Oscillationen bei Kondensatorentladungen durch eine Funkenstrecke vollständig übereinstimmen.

Bemerkenswert ist auch, dass die Spannungskurven für sich betrachtet, denen von Roschansky in seiner zitierten Arbeit gefundenen ähnlich sind, nur mit dem Unterschied, dass hier das zweite der beiden beim Welchselstromlichbogen vorhandenen Maxima (Fig. 6.) zur Entwicklung kommt, bei hochfrequenten dagegen nur das erste. Das typische Aussehen ist im Fig. 8 bei kleineren Frequenzen zu sehen.

Fig. 8.



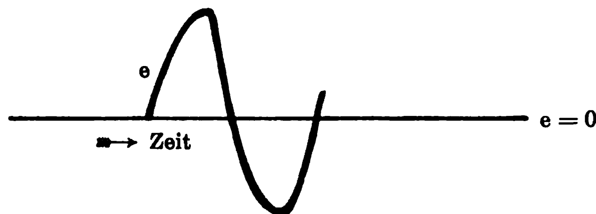
Bei höheren Frequenzen runden sich die Kurven folgendermassen (Fig. 9) ab und gehen somit in sinusförmige Schwingungen über.

---

[1]) ROSCHANSKY: Phys. Zs. 1908.

Die bei den Charakteristiken hervortretende Diskontinuität in Origo mag eigentümlich scheinen. Eine solche Singularität liegt jedoch bei näherer Prüfung in der Natur dieser Kurven. Bei den hier untersuchten Schwingungen, wo die Dämpfung so bedeutend ist, tritt diese Diskontinuität stärker hervor; sie ist jedoch bei den von Roschansky in zitierter Arbeit aufgenommenen Charakteristiken auch ganz auffallend.

Fig. 9.



Zum Schluss möchte ich darauf aufmerksam machen, dass die in den Tabellen angegebenen Werte der Stromstäcke und Spannung in 0,01 Amp. bezw. 0,1 Volt, in Wirklichkeit nicht so genau bekannt sind. Diese Präzision wurde angewandt um naheliegende Kurvenpunkte von einander separieren zu können.

Eine nähere Behandlung dieser Charakteristiken behalte ich einer späteren Mitteilung vor.

Widerstand im Lichtbogen.

Aus den Charakteristiken ergiebt sich der Ohm'schen Widerstand $\frac{e}{i}$ in jedem Augenblicke als die Tangens des Winkels zwischen i-Achse und der Verbindungslinie des betrachteten Punktes mit Origo. Wie man sieht, wird der Widerstand mit jeder Schwingung grösser.

Mit Hilfe der Dämpfung kann man einen Mittelwert des Ohm'schen Widerstandes berechnen, vorausgesetzt dass wie vorher, der Schwingungszustand durch folgende Gleichung repräsentiert werden kann:

$$i = A e^{-\delta t} \sin \beta t,$$

wo δ bedeutet

$$\delta = \frac{w}{2L}$$

w = Ohm'schen Widerstand im Schwingungskreis
L = Selbstinduktion » »

Es mag erwähnt werden, dass die angeführte Lösung der Differentialgleichung unter Voraussetzung eines konstanten w erhalten ist, was allerdings nicht mit den wirklichen Verhältnissen übereinstimmt, aber man kann doch durch diese Art der Rechnung einen *Mittelwert* des Widerstandes ermitteln.

Wenn i_1 und i_2 zwei aufeinander folgende Amplituden in derselben Richtung sind, ergiebt sich:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{e^{-\delta t}}{e^{-\delta(t+T)}} = e^{\delta T};$$

$$T = 2\pi \sqrt{CL}; \qquad \delta = \frac{w}{2L};$$

$$\lg \frac{i_1}{i_2} = \pi w \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$w = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{L}{C}} \lg \frac{i_1}{i_2}.$$

Oder wenn wir L in Henry, C in Mikrofarad und w in Ohm ausdrücken

$$w = 10^3 \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{L}{C}} \lg \frac{i_1}{i_2}.$$

Vertauschen wir schliesslich log nat gegen Brigg'schen log so erhalten wir:

$$w = 10 \frac{1}{\pi \log e} \sqrt{\frac{L \, . \, 10^4}{C}} \log \frac{i_1}{i_2}.$$

Das Verhältnis zwischen i_1 und i_2, aus 1 und 3 Halbschwingung berechnet, giebt folgende Werte:

	a	b	c
I	3,64	5,01	7,30
II	2,56	2,59	2,82
III	2,40	3,26	2,90

Wir kennen jetzt in der letzten Formel alle Grössen ausser w und können sie deshalb zur Berechnung dieser Quantität gebrauchen. Man erhält alsdann, als Mittelwert des Ohm'schen Widerstands, während der drei ersten Halbschwingungen:

	a	b	c
I	4,4	7,8	11,7
II	3,8	5,4	7,2
III	4,6	8,7	9,6

In die Planche sind diese Widerstandslinien eingetragen. Man sieht sofort, dass der so berechnete Widerstand, dessen einziger, experimentell ermittelter Faktor die Dämpfung ist, mit dem Mittelwert, welcher aus den Charakteristiken konstruiert werden kann $\left[\text{d. h. } \frac{\int_0^{3T} \frac{e}{i} \, dt}{\int_0^{3T} dt}\right]$ gut übereinstimmt.

Es ist zu bemerken, das die Zeit für den herunterfallenden Zweig mit seinen hohen Widerstandswerten sehr kurz ist und deshalb keinen grossen Einfluss auf den Mittelwert hat. Im übrigen nehmen die Maximalpunkte (von i) die grösste Zeit in Anspruch, wie aus der Charakteristik III b, wo einige gleiche Zeitinterwalle verzeichnet sind, zu ersehen ist.

Periode der untersuchten Schwingungen.

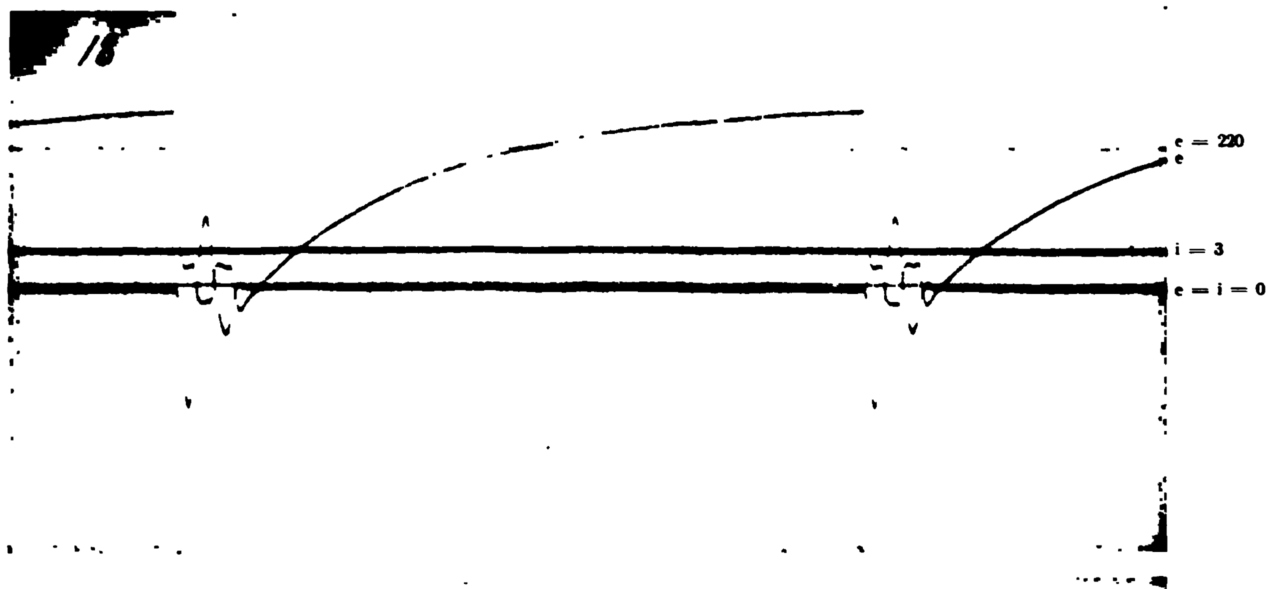
Da die Rotationsdauer der photographischen Trommel nicht konstant war, konnte die Schwingungszeit durch Ausmessung der Oscillogramme nicht zuverlässig ermittelt werden. Ich führe darum hier nur die aus der Thomsonsche Formel

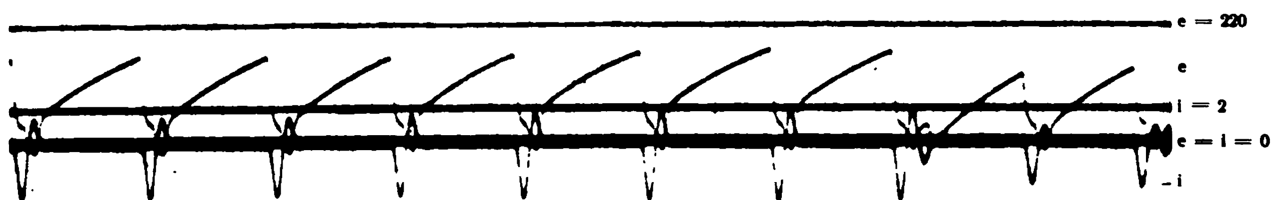
$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

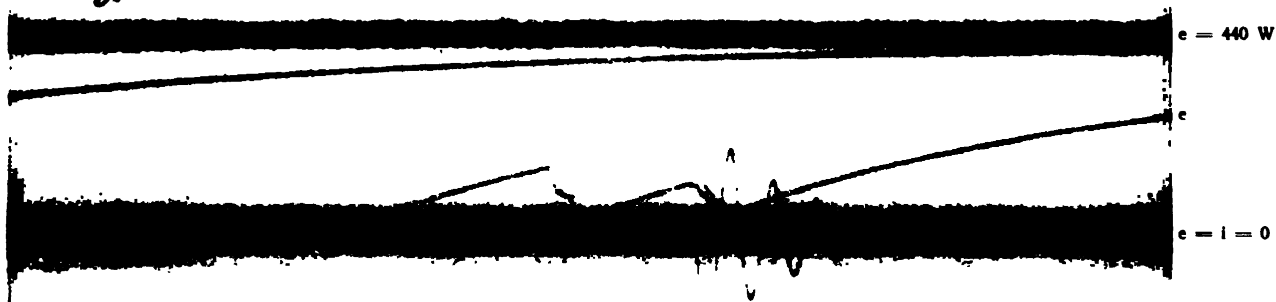
berechneten Werte der Schwingungszahl (ganze Schwingungen pro Secund) an:

	a	b	c
I	426	302	246
II	505	358	292
III	660	468	381.

Die Oscillogramme sind im Göttinger Physikalischen Institute, Abteilung führ angewandte Elektricität aufgenommen. Ich benutze hier die Gelegenheit, dem Direktor, Herrn Prof. H. Th. Simon, sowohl für die Anregung dieser Untersuchungen als auch für das freundliche Entgegenkommen mit erforderlichen Apparaten meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Für das Leihen der erwähnten Stellarphotogrammeter habe ich dem Direktor des hiesigen Observatoriums, Herrn Prof. C. V. L. Charlier zu danken.







Ljustryck, Cederquists Graf. A.-B., Sthlm.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 4. Nr 6.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 19. Nr 6.

Kongl. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1907—1908.

1907, d. 9 oktober:

Herr Bäcklund redogjorde för en af honom författad afhandling med titel: »Lösningars magnetiska och optiska karakterer».

Herr Borelius höll föredrag om tjocktarmsresektionens teknik och resultat.

1907, den 13 november:

Herr Broman redogjorde för de olika sätt, på hvilka kärlrötter kunna vandra.

Herr Törnquist refererade en af honom författad afhandling med titel: »Observation on the genus Rastrites and some allied species of Monograptus».

1907, d. 11 december:

Herr Bergendal demonstrerade en af d:r Ahlquist å Skaftö i Bohuslän skjuten natthäger (Nycticorax griseus) samt meddelade en notis om Mammuten efter Al. Brandt.

Herr Hennig refererade sin afhandling öfver »Studier öfver Nissans hydrografi».

Herr Charlier höll föredrag om »huru en oändlig verld kan vara inrättad».

1908, d. 12 februari:

Herr Bergendal redogjorde för byggnaden af släktet Discocelides Bergendal,

Herr Jönsson refererade en afhandling af doc. Lidforss med titel: Ueber kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chromatophoren».

Herr Moberg förevisade växtfossil i flinta från Klagshamn.

1908, d. 11 mars:

Herr Fürst höll föredrag om Arvid H. Flormans bref till Anders Retzius.

Herr Bäcklund redogjorde för transformationen af dynamiska problem.

1908, d. 8 april:

Herr RAMBERG redogjorde för sina undersökningar: »Öfver några föreningar emellan etyltioglykolsyra och kuprosalter».

Herr HENNIG redogjorde för sina undersökningar: »Öfver gotländska silur-bryozoer».

Herr FÜRST talade »om några benbildningar å lingual-sidorna på underkäken hos eskimåerna och andra racer».

1908, d. 20 maj:

Herr QUENNERSTEDT höll föredrag om familjen Scolopacidæ.

Herr CHARLIER refererade en afhandling med titel: »Über die Bewegung der Bahnebenen der Satelliten in unserem Planetensystem.

rien, von *A. V. Bäcklund*. Några konsekvenser af Webers lag för elektriska massor, tillämpad på materiella punkter, af *C. Delin*. Iakttagelser öfver tillväxtriktningen hos mossorna, af *B. Jönsson*. Grunddragen af en kometteori, af *J. R. Rydberg*. Kullens kristalliniska bergarter. 1. Den prekambriska Granitit-, Banatit-Hypersthengabbroserien, af *A. Hennig*. Contributions à la connaissance des Primulacées-Labiées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1897—98. — **Bd. 10.** Researches into the Monograptidæ of the Scanian Rastrites beds, by *S. L. Törnqvist*. Om egendomliga innehållskroppar hos bromeliaceerna, af *G. Wallin*. Contribution à la connaissance des Plombaginées-Graminées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck*. Analecta algologica, continuatio V, auct. *J. G. Agardh*. Kullens kristalliniska bergarter. 2. Den postsiluriska gångformationen, af *A. Hennig*. Studien über Rheotropismus bei den Keimwurzeln der Pflanzen. I. Allgemeine Untersuchungen, von *A. Berg*. Tafeln zur Berechnung der Präcession zweiter Ordnung für 1900,0, von *A. A. Psilander*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1898—99. — **Bd. 11.** Contributions à la connaissance des Graminées-Polypodiacées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie avec un appendice, par *S. Murbeck*. Studier öfver ciliata infusorier, IV, af *H. Wallengren*. Bidrag till kännedomen om botulismens bakteriologi, af *I. Forssman*. Bidrag till den tuberkulösa pleuritens patologiska anatomi, af *E. Wadstein*. Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slägte bland palæonemertinerna, af *D. Bergendal*. Zur Theorie der relativ-Abelschen Zahlkörper, von *A. Wiman*. Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck*. Hülfstafeln zur Berechnung der säkularen Störungen der kleinen Planeten, von *G. Noréen* u. *S. Raab*. Ueber das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis (L.) Scop. und das Wesen der Chalazogamie, von *S. Murbeck*. Malaria och Mosquitos, inbjudning till medicine-doktorspromotionen den 31 maj 1900, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1899—1900. — **Bd. 12.** Fall af traumatiskt uppkommen ryggmärgsaffektion, af *Karl Petrén*. Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slägte bland palæonemertinerna, kapitl. 6—11 (Fortsättning), af *D. Bergendal*. Contributions to the astronomical theory of an Ice age, by *C. V. L. Charlier*. Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser, af *B. Lidforss*. Researches into the graptolites of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, by *S. L. Törnqvist*. Zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung des Thallus bei den Desmarestieen, von *B. Jönsson*. Bidrag till teorien för vågrörelse i strömmar, af *C. W. Oseen*. Utgräfningarne af Tycho Brahes observatorier på ön Hven sommaren 1901, festskrift i anledning af 300-årsdagen af Tycho Brahes död, af *C. V. L. Charlier*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1900—1901. — **Bd. 13.** Die ersten Entwicklungsstadien der Keimpflanze bei den Succulenten, von *B. Jönsson*. Über Anomalien im Baue des Nucellus und des Embryosackes bei parthenogenetischen Arten der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck*. Studien über Nemertinen, II. Valencinura bahusiensis Bgdl, ein Beitrag zur Anatomi und Systematik der Heteronemertinen, von *D. Bergendal*. Termoelektrisk Hysteresis, af *A. Upmark*. Bidrag till Bornholms fossila flora, Pteridofyter, af *Hj. Möller*. Zur Kenntnis des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen, von *B. Jönsson*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1901—1902. — **Bd. 14.** Der Musculus popliteus und seine Sehne, von *C. M. Fürst*. Studien über Nemertinen, III. Beobachtungen über der Bau von Carinoma Oudemans nebst Beiträgen zur Systematik der Nemertinen, von *D. Bergendal*. Fysikens utveckling till allmän tillståndslära. Inbjudning till filosofie doktorspromotionen den 29 maj 1903, af *J. R. Rydberg*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1902—1903. — **Bd. 15.** Zur Kenntnis der Histogenese und des Wachsthums der Retina, von *C. M. Fürst*. Researches of the graptolites of the lower zones of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, II, by *S. L. Törnqvist*. Zur Theorie der mehrdeutigen automorphen Funktionen, von *T. Brodén*. Om det osmotiska trycket, af *A. V. Bäcklund*. Ueber den feineren Bau des Visceralganglions von Anodonta, von *T. Freidenfelt*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1903—1904. — **Bd. 16.** Om sammanhanget mellan osmotiskt och elektriskt tryck, af *A. V. Bäcklund*. Zur Biologie der Muscheln. I. Die Wasserströmungen, von *H. Wallengren*. Zur Biologie der Muscheln. II. Die Nahrungsaufnahme, von *H. Wallengren*. Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, par *S. Murbeck*. Researches into the theory of probability, by *C. V. L. Charlier*. Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser. II, af *B. Lidforss*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1904—1905. — **Bd. 17.** Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, (Suite), par *S. Murbeck*. Om den afrikanska recurrensfebern, dess orsaker och utbredningssätt, af *S. Ribbing*. Om de Chasmopskalken och Trinucleusskiffern motsvarande bildningarne i Skåne, af *E. Olin*. Om kroppars lösning och därmed närmast förvandta företeelser, af *A. V. Bäcklund*. Die Chininbehandlung der Malariakrankheiten und ihre Methodik, af *S. Ribbing*. Bidrag till Pterantheernas morfologi, af *S. Murbeck*. Bidrag till kännedomen om ceratopygeregionen, med särskild hänsyn till dess utveckling i Fogelsångstrakten, af *J. Chr. Moberg* och *C. O. Segerberg*. Om några Ginkgoväxter från kolgrufvorna vid Stabbarp i Skåne, af *A. Nathorst*. Ett manganhaltigt vatten och en brunstensbildning vid Björnstorp i Skåne, af *M. Weibull*. Tal vid Kongl. Fysiografiska sällskapets i Lund minnesfest den 3 december 1906 öfver dess stiftare Anders Jahan Retzius, af *C. M. Fürst*. Kilian Stobæus d. ä. och hans brefväxling, af *C. M. Fürst*. Om Dirichlets problem vid värmeledningsekvationer, af *C. W. Oseen*. Die wintergrüne Flora, af *B. Lidforss*. Die Vesicarius-Gruppe der Gattung Rumex, af *S. Murbeck*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1905—1906. — **Bd. 18.** Om trypanosoma-sjukdomarna, en orienterande öfversikt, af *S. Ribbing*. Typhus-Statistik aus dem Provinzialkrankenhause zu Lund von den Jahren 1887—1906, af *S. Ribbing*. Studier öfver Nissans hydrografi, af *A. Hennig*. Lösningars magnetiska och optiska karakterer, af *A. V. Bäcklund*. Observations on the genus Rastrites and some allied species of Monograptus, af *S. L. Törnquist*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1906—07.

Lunds Universitets Årsskrift. N. F. Afd. 2. Bd 4.

K. Fysiografiska Sällskapets Handlingar. N. F. Bd 19.

Pris kr. 8: 00.

Innehåll:

De närmast föregående bandens innehåll: se omslagets 2 och 3 sida.

Hvarje afhandling säljes särskildt.